



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**Estrutura populacional, estratégia reprodutiva e deslocamento  
de *Rhamdioglanis transfasciatus* Miranda Ribeiro, 1908, bagre  
endêmico de riachos costeiros de Mata Atlântica**

**Thiago Fonseca de Barros**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

**Orientadora:** Dra. Érica Pellegrini Caramaschi  
**Co-orientador:** Dr. Marcus Vinícius Vieira

Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
Fevereiro de 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
INSTITUTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Estrutura populacional, estratégia reprodutiva e deslocamento de *Rhamdioglanis transfasciatus* Miranda Ribeiro, 1908, bagre endêmico de riachos costeiros de Mata Atlântica

Thiago Fonseca de Barros

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Dra. Érica Pellegrini Caramaschi

Laboratório de Ecologia de Peixes / Instituto de Biologia / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Co-orientador: Dr. Marcus Vinícius Veira

Laboratório de Vertebrados / Instituto de Biologia / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
Fevereiro de 2017

**Estrutura populacional, estratégia reprodutiva e deslocamento de *Rhamdioglanis transfasciatus* Miranda Ribeiro, 1908, bagre endêmico de riachos costeiros de Mata Atlântica**

Thiago Fonseca de Barros

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

**Banca Examinadora**

Dra. Érica Pellegrini Caramaschi  
(Orientadora – Presidente da Banca)  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Dra. Rosana Mazzoni  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Dra. Gislene Torrente-Vilara  
Universidade Federal de São Paulo

**Suplentes**

Dr. Marcos Paulo Figueiredo de Barros  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – Campus Macaé

Dr. João Paulo Torres  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, RJ – Brasil  
Fevereiro de 2017

### **Ficha Catalográfica**

Barros, Thiago Fonseca de

Estrutura populacional, estratégia reprodutiva e deslocamento de *Rhamdioglanis transfasciatus* Miranda Ribeiro, 1908, bagre endêmico de riachos costeiros de Mata Atlântica, UFRJ, 2017.

i – xv; 1 – 64, 79 p.;

30 Figuras, 11 Tabelas;

Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ecologia / Instituto de Biologia – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Palavras chave: 1 – Heptapteridae; 2 – Instabilidade ambiental; 3 – Reprodução em período seco; 4 – Dimorfismo sexual; 5 – Deslocamento longitudinal.

Nós levamos nas mãos, o futuro  
De uma grande e brilhante Nação  
Nosso passo constante e seguro  
Rasga estradas de luz na amplidão.

Nós sentimos no peito, o desejo  
De crescer, de lutar, de subir  
Nós trazemos no olhar o lampejo  
De um risonho e fulgente porvir.

Vivemos para o estudo  
Soldados da ciência  
O livro é nosso escudo  
E arma a inteligência.

Por isso sem temer  
Foi sempre o nosso lema  
Buscamos no saber  
A perfeição suprema.

Estudaram aqui, brasileiros  
De um enorme e subido valor  
Seu exemplo, segui companheiros  
Não deixemos o antigo esplendor.

Alentemos ardente a esperança  
De buscar, de alcançar, de manter  
No Brasil a maior confiança  
Que só pode a ciência trazer.

**Hino dos alunos do Colégio Pedro II**

“Toda vez que um artigo científico apresenta alguns dados, eles vêm acompanhados por uma margem de erro – um lembrete silencioso, mas insistente, de que nenhum conhecimento é completo ou perfeito (...) não há certezas no conhecimento”

**Carl Sagan**

*O mundo assombrado pelos demônios: A ciência vista como uma vela no escuro*

Dedico este trabalho a todos aqueles que por dois anos sentiram a minha ausência sistemática, minha família: O núcleo Ana Cristina F. de Barros, Valmir M. de Barros, Felipe F. de Barros, Heloisa de O. V. Barreto, Vinícius L. F. Melo, Isaura Barros e Suely Costa; os padrinhos Valdemir Barros e Cristiane Costa; os primos Nathalia Gonçalves, Liliane Barros, Fernanda Costa, Letícia Barros, Júlia Secchin, Isabela Costa, Gabriel Barros, Carolina Costa, Luiza Secchin e Maria Vitória Barros; os tios Vagner Barros e Glaucia Barros, Luciana Barros, Carlos Secchin, Fabiana Costa e Sandro Consoni, Fernando Costa e Helen Quitete, Jorgea e Gilmar; os meus sogros Heloena Oliveira e José Barreto; a cunhada do coração Aline Miranda.

Faltei aos aniversários e comemorações, almoços em família e reuniões de diversos tipos; dormi pouco em casa; fiquei sem sinal de celular e sumi do mapa praticamente todos os meses durante o meu mestrado; em suma, fui ausente. Hoje eu convido vocês a contemplar o fruto dessa ausência, pois no conteúdo desse texto também tem um pouco das experiências que tive com vocês.

Em especial, dedico a duas pessoas de grande importância na formação de quem sou hoje: *In Memoriam* Vô Valdo (Valdomiro Barros) e Vô Bené (Benedito Costa).

Eu sei o quanto vocês estariam orgulhosos!

## Agradecimentos

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia (PPGE – UFRJ) pela infraestrutura, profissionais qualificados e disciplinas oferecidas; vocês fazem a diferença para seus alunos. Um abraço especial para a Márcia Renault (Marcinha), que com toda a sua paciência, faz a vida do pós-graduando do PPGE ser muito mais tranquila.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro em forma de bolsa de estudo. Também agradeço à Fundação Bio Rio pelo gerenciamento dos recursos de projetos do LABECO Peixes/UFRJ, viabilizando o suporte financeiro para os trabalhos de campo e compra de material necessário.

Agradeço à minha orientadora Dra. Érica Pellegrini Caramaschi, que embarcou nessa loucura comigo, me deu todo o suporte para o trabalho e sanou minhas dúvidas. Também pela leitura crítica das primeiras versões desse trabalho. Nessa longa experiência que tive no LABECO Peixes/UFRJ, desde 2010, pude crescer tanto academicamente quanto pessoalmente; tudo isso graças às oportunidades que me foram concedidas e pela confiança em mim depositada.

Agradeço ao meu co-orientador Dr. Marcus Vinícius Vieira, que me ajudou com a metodologia, o tratamento e análise de dados, resultados e discussão de toda a parte de movimentação (Capítulo II).

Agradeço à banca, formada pelas professoras Dra. Rosana Mazzoni da UERJ e Dra. Gislene Torrente-Vilara da UNIFESP por terem aceitado me avaliar neste processo que é árduo para qualquer aluno de Pós-Graduação. Também aos suplentes da banca, professores Dr. João Paulo Torres da UFRJ (o qual também foi o docente avaliador como pré-banca) e Dr. Marcos Paulo Figueiredo de Barros do NUPEM/UFRJ, que também aceitaram participar deste processo.

Agradeço aos professores Dr. Reinaldo Bozelli e Dr. Ricardo Monteiro, que fizeram parte do meu comitê de acompanhamento e ajudaram na confecção deste trabalho com críticas construtivas e ótimas sugestões.

Agradeço ao Sérgio Teixeira, técnico do LABECO Peixes/UFRJ que me ajudou com a rotina histológica, fecundidade e várias dicas úteis em relação à reprodução de peixes (Capítulo I).

Agradeço novamente ao professor Dr. Marcos Paulo Figueiredo de Barros, pelo qual tenho muito apreço e admiração, por oferecer o uso do calorímetro e das instalações do Laboratório de Ecologia Aquática (NUPEM/UFRJ) durante o início deste estudo. Os resultados da calorimetria não serão apresentados nesta dissertação, porém serão de grande importância para uma publicação futura.

Agradeço à Sônia Pereira (Soninha), amiga querida e administradora dos recursos do laboratório, que apesar de não ter participado *in situ* dos meus campos, era presença marcante em todos eles.

Agradeço ao Nicholas John Locke, Raquel Patron Locke, Jorge Bizarro e todos os funcionários da Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA) que receberam nossas equipes de campo com entusiasmo. Tenho muito orgulho deste estudo estar contribuindo com o desenvolvimento do trabalho de conservação de espécies endêmicas de mata atlântica na REGUA.

Agradeço aos meus pais Valmir e Ana por todo o apoio e presença. Muito obrigado por me apoiarem nas escolhas que fiz; por deixarem minha imaginação voar. Sinto muito orgulho de vocês. Sou muito grato aos dois, pelas pessoas que vocês são e pela influência que vocês têm em minha vida.

Agradeço ao meu irmão Felipe Barros, que está em sua caminhada como jovem soldado da ciência. Irmão, você leva nas mãos o futuro de uma grande e brilhante nação; busque no saber a perfeição suprema. Estude para ser um brasileiro de enorme valor; siga bons exemplos e não deixe a chama da busca pelo saber se apagar.

Agradeço à Heloisa Barreto por estar sempre presente, por ser companheira, por me apoiar e por entender as minhas ausências devido às intermináveis coletas em campo, disciplinas, EBIs. A vida não é curta demais para vivermos com pressa, nem grande demais para conseguirmos realizar todos os nossos sonhos; só precisamos ter a pretensão de encontrar um bom meio termo.

Agradeço a todos aqueles que me ajudaram em campo! Foram duas coletas piloto, 20 coletas sazonais, muitas visitas à REGUA e a ajuda de mais de quarenta pessoas diferentes! Muito obrigado a todos que disponibilizaram alguns dias do seu calendário (muitas vezes apertado) para me ajudar, **esse trabalho não seria possível sem vocês:**

(em ordem alfabética...) Alexandre Santos, Ana Carolina Mariz (Madona), Ana Clara Franco, Anderson Germano (The Flash), Andressa Reis, Arthur Bauer, Axel Katz, Bruno Eleres Soares, Camilla Ellen Lima, Cristiana Lima (Cris), Daniel Franco, Érica Caramaschi, Evelyn Oliveira, Fernanda Estrella, Gabriel Barros, Gabriel Beltrão, Gisela Cabral, Heloisa Barreto, Henrique Lazzarotto (Kiko), Igor Veronese, Jacson Duarte, Jemilli Viaggi, Jessika Campos, João Lucas Rosa, Joseph Ferro, Lucas Rocha, Mateus de Paula, Matheus Xavier (Guaravita), Natália Cristina Silva, Natália Resende, Nathália Carina Silva, Pedro Paulo Aguiar, Rafaela Machado, Rafael Machado Batista, Rafael Marques (Chuva), Rômulo Lima, Tatiely Cândido, Thais Maciel, Victor Essus (Vitamina), Victor Lopes, Wesley Domiciano e Yan Gomes.

Um abraço muito especial para um pessoal que conviveu de perto com aflições, dificuldades, descobertas, histórias e conversas relacionadas ao meu projeto: equipes “Coesão” e “*Characidium* no grau”. Vocês são demais!

Encerro a seção dos agradecimentos com algumas pessoas especiais que com gestos simples também fizeram a diferença: André Gomes, Bruno Althoff, Carol Valladares, Daíza Lima, Dani Rosa, Danielle (Sequela), Gabriel Ennes, José Louvise, Mario Marcos Ribeiro Neto, Maria Silvina Bevilacqua, Míriam Pilz Albrecht, Nicholas Marino, Paula Araújo Catelani, Rafael Azevedo, Rafael Leitão (Bon Jovi) e Vagner Leonardo dos Santos.

Agradeço ao Flávio, gerente da Água Cascataí, que acompanhou nosso trabalho no rio Guapiaçu com bastante curiosidade e respeito. Também agradeço por ter oferecido almoço para toda a equipe de coleta nas ocasiões em que fomos àquela localidade.

Agradeço também os caseiros da fazenda Santo Antônio, Magno e Júnior, sempre muito simpáticos e dispostos a ajudar em todas as ocasiões que fomos coletar naquela localidade.

**TODOS VOCÊS SÃO DEMAIS!**

## Resumo

Os riachos costeiros do sudeste brasileiro, pela presença da Serra do Mar, são sujeitos a violentas enxurradas de curta duração que podem ocorrer quando fortes chuvas atingem as cabeceiras (*i.e.* cabeças d'água). Esses fenômenos que, embora sejam mais comuns no período chuvoso, podem ocorrer a qualquer tempo em função de chuvas orográficas, são imprevisíveis e tornam os riachos ambientes instáveis. Neste estudo, procurou-se verificar a influência dessa instabilidade nas características populacionais, reprodutivas, de história de vida e possíveis padrões de deslocamento do bagre *Rhamdioglanis transfasciatus*, espécie endêmica da Mata Atlântica. As coletas foram realizadas na bacia do rio Guapiaçu (RJ), utilizando pesca elétrica. Para os estudos de reprodução, indivíduos foram capturados, anestesiados, eutanasiados, medidos e pesados e dissecados para análise e pesagem de gônadas, estômago e fígado. Indivíduos utilizados no estudo de padrões de deslocamento da espécie foram capturados, anestesiados, medidos, marcados subcutaneamente com implantes visíveis (Alpha Tag VI) e devolvidos ao trecho de riacho do qual eram originários. *R. transfasciatus* apresentou um período reprodutivo longo, iniciando-se no início do período seco (junho) e permanecendo até o início do período chuvoso (novembro). Os gatilhos para o início da atividade reprodutiva em fêmeas e machos estão ligados, respectivamente, a fatores de maior escala temporal e espacial (diminuição da pluviosidade e diminuição da temperatura da água) e com fatores mais locais (diminuição da pluviosidade acumulada nos dias recentes e diminuição da vazão no riacho). A fecundidade das fêmeas mostrou-se relativamente baixa, porém aumentou conforme houve ganho de biomassa. Foram encontradas evidências de dimorfismo sexual em tamanho corporal, tamanho da nadadeira caudal e altura do corpo. Os sexos possuem padrões de crescimento e tamanho de primeira maturação gonadal diferentes, o que, provavelmente, está associado a demandas energéticas diferenciadas. Durante o período frio e seco (inverno), quando é menor o risco de cabeças d'água e a espécie encontra-se reprodutivamente ativa, indivíduos de *R. transfasciatus* mostraram áreas de vida ampliadas. As proporções e orientação de movimentos parecem ligadas a uma maior facilidade de deslocamento a favor do fluxo. Verificou-se diminuição na proporção de crescimento de *R. transfasciatus* com deslocamentos de maiores distâncias, o que sugere gasto energético. O baixo investimento reprodutivo individual associado a um período reprodutivo longo sugere atividade reprodutiva não sincrônica entre os indivíduos, o que pode ser interpretado como uma adaptação a um ambiente instável. O papel dos deslocamentos no período reprodutivo ainda é desconhecido, mas pode-se supor que seja um mecanismo de redução da competição intraespecífica no uso do espaço e da obtenção de alimento. As relações energéticas, ligadas à reprodução e ao crescimento de *R. transfasciatus* e de outras espécies de peixes de riachos sujeitos a instabilidade ambiental, ainda precisam ser melhor investigadas.

## Abstract

Coastal streams from southeastern Brazil, due to the presence of the Serra do Mar ridge, are subject to violent short-term floods that can occur when heavy rains reach the headwaters (*i.e.* flash floods). These phenomena, which are more common during the rainy season, can also occur at any time during orographic rainfall. They are unpredictable and can also make streams unstable. This study aimed to verify the influence of this instability on populational characteristics, reproductive cycles, life history and possible movement patterns of the catfish *Rhamdioglanis transfasciatus*, an endemic species from the Atlantic Rainforest. Fish sampling were carried out in the Guapiaçu river basin (RJ), using electric fishing. For the reproductive study, individuals were captured, anesthetized, euthanized, measured, weighed and dissected for analysis and weighing of gonads, stomach and liver. Individuals used in the species movement patterns study were captured, anesthetized, measured, marked subcutaneously with visible implants (Alpha Tag VI) and returned to the midpoint of the stream stretch from which they were originally captured. *R. transfasciatus* presented a long reproductive period, starting at the beginning of the dry season (June) and remaining until the beginning of the rainy season (November). The triggers for the onset of reproductive activity in females and males are linked respectively to factors of greater temporal and spatial scale (decrease of rainfall and decrease of water temperature) and with more local factors (decrease in rainfall accumulated in recent days and decrease in stream flow). The females' fecundity was relatively low, but increased as there was biomass gain. We found evidence for sexual dimorphism in body size, caudal fin size and body height. The sexes have different growth patterns and size at first maturity, which are probably associated with divergent energetic demands. During the cold and dry period (winter), when the risk of flash floods is lower and the species is also reproductively active, individuals of *R. transfasciatus* showed extended home ranges. The proportions and orientation of movements are probably linked to the ease of movements in favor of flow. There was a decrease in the proportion of growth of *R. transfasciatus* that displaced longer distances, which suggests higher energy expenditure. The low individual reproductive investment associated with a long reproductive period suggests non-synchronous reproductive activity among individuals, which can be interpreted as being adaptive to an unstable environment. The role of displacements in the reproductive period is still unknown, but it can be assumed that it is a mechanism of reduction of intraspecific competition in the use of space and the obtaining of food. The energetic relationships linked to the reproduction and growth of *R. transfasciatus* and other species of stream fishes, subjected to environmental instability, still need further investigation.

## Sumário

Agradecimentos.....	vi
Resumo.....	viii
Abstract .....	ix
Lista de Figuras .....	xi
Lista de Tabelas.....	xiv
Lista de Equações.....	xv
Introdução Geral.....	1
Capítulo I – Ecologia reprodutiva de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> na bacia do rio Guapiaçu (RJ).....	5
Introdução .....	5
Metodologia .....	8
Área de estudo.....	8
Coleta dos exemplares.....	9
Dados biométricos e dissecção dos exemplares .....	12
Fecundidade .....	13
Índices biológicos.....	14
Análise de dados.....	16
Resultados .....	19
Discussão.....	38
Capítulo II – Padrões de deslocamento de indivíduos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> ao longo de um riacho na bacia do rio Guapiaçu, RJ.....	45
Introdução .....	45
Metodologia .....	47
Área de estudo.....	47
Coleta dos exemplares, marcação e recaptura.....	47
Análise de dados.....	49
Resultados .....	50
Discussão.....	54
Considerações finais.....	57
Referências.....	58

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> capturado no riacho do Mineiro-Branco (22°25'18,26"S, 42°44'20,90"O), bacia do rio Guapiaçu, na Reserva Ecológica do Guapiaçu (REGUA); aproximadamente 18 cm de comprimento padrão. Fotografia: Axel Katz.....	3
<b>Figura 2:</b> Pontos amostrados na área de estudo; bacia do rio Guapiaçu, no município de Cachoeiras de Macacu (RJ). .....	9
<b>Figura 3:</b> Pluviosidade média durante o ano de estudo e pluviosidade média histórica na bacia do alto rio Guapiaçu (Fonte: Hidroweb; ANA). Barras indicam média ± erro padrão. ....	9
<b>Figura 4:</b> Captura de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> com pesca elétrica. (A) À esquerda, pesquisador com puçá eletrificado posicionado a montante, à direita pesquisadores com puçás não-eletrificados posicionados a jusante e ao fundo pesquisador segurando caixa telada para recuperação dos exemplares capturados; (B) pesquisadores com puçás não-eletrificados verificando possíveis capturas. ....	11
<b>Figura 5:</b> Obtenção de dados físicos e químicos do riacho estudado. (A) uso do oxímetro para obtenção de temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/L) e saturação de oxigênio (%); (B) uso de pHmetro; (C) uso de fluxômetro para obtenção da velocidade da água (m/s). ....	12
<b>Figura 6:</b> Medidas biométricas representadas em exemplar de <i>R. transfasciatus</i> ; comprimento total em vermelho (-), comprimento padrão em verde claro (-), comprimento da cabeça em amarelo (-) e altura do corpo em azul (-). ....	13
<b>Figura 7:</b> Esquema de ovocitômetro para separação de ovócitos de peixes em diferentes classes de tamanho, após dissociação em solução de Gilson. ....	14
<b>Figura 8:</b> Proporções das diferentes classes de tamanho de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> de riacho da bacia do rio Guapiaçu (RJ) entre abril/2015 e março/2016. 19	19
<b>Figura 9:</b> Relações alométricas de indivíduos (a) fêmeas ( $R^2 = 0,9522$ ) e (b) machos ( $R^2 = 0,9831$ ), de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> em riachos na bacia do rio Guapiaçu. 21	21
<b>Figura 10:</b> Evidências de dimorfismo sexual para adultos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> em (a) tamanho corporal, (b) proporção do tamanho da nadadeira caudal e (d) proporção da altura do corpo; não há evidência de dimorfismo sexual na proporção do tamanho da cabeça (c). ....	22
<b>Figura 11:</b> Não há evidência de dimorfismo sexual para juvenis de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> (a) em tamanho corporal, (b) na proporção do tamanho da nadadeira caudal e (c) na proporção do tamanho da cabeça; Há evidência de dimorfismo sexual na proporção da altura do corpo (d). ....	23
<b>Figura 12:</b> Frequência de estádios de maturação gonadal de (a) fêmeas e (b) machos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> ao longo de um ciclo anual em riachos da bacia do rio Guapiaçu (RJ). ....	24
<b>Figura 13:</b> Variação dos índices biológicos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> entre abril/15 e março/16 em riachos da bacia do rio Guapiaçu (RJ). (a) variação do índice hepatossomático (IHS) médio de machos e fêmeas (b) variação da repleção estomacal (RE) média de machos e fêmeas; (c) variação do fator de condição alométrico (Ka) e	

somático (Ks) de fêmeas; (d) variação do fator de condição alométrico (Ka) e somático (Ks) de machos; (e) variação da relação gonadossomática (RGS) de fêmeas; (f) variação da relação gonadossomática (RGS) de machos. Pontos indicam a média e barras indicam média ± erro padrão. ....	26
<b>Figura 14:</b> Representação de modelos logísticos da proporção de indivíduos maduros de machos e fêmeas de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> por tamanho corporal (CP). Linhas tracejadas verticais indicam L <sub>50</sub> previsto para fêmeas (vermelha) e machos (azul). ....	29
<b>Figura 15:</b> Número médio de ovócitos vitelogênicos de fêmeas maduras de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> , por malha do ovocitômetro (classe de tamanho dos ovócitos). ....	30
<b>Figura 16:</b> Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de fêmeas de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> com (a) Log da temperatura da água; (b), com o Log do pH (c) Log do oxigênio dissolvido; (d) e com o Log da condutividade. ....	31
<b>Figura 17:</b> Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de fêmeas de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> com (a) o Log da pluviosidade acumulada mensal; (b) com o Log da pluviosidade média mensal; (c), com o Log da pluviosidade média mensal histórica; (d) com o Log da pluviosidade acumulada em dez dias (e) com o Log da vazão local no ponto de coleta. ....	32
<b>Figura 18:</b> Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de machos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> com (a) o Log da temperatura da água, (b) o Log do pH, (c) o Log do oxigênio dissolvido e (d) o Log da condutividade. Não há correlação entre as variáveis. ....	34
<b>Figura 19:</b> Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de machos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> com o (a) Log da pluviosidade acumulada mensal, (b) o Log da pluviosidade média mensal, (c) o Log da pluviosidade média mensal histórica, (d) o Log da pluviosidade acumulada em dez dias e (e) o Log da vazão local no ponto de coleta. ....	35
<b>Figura 20:</b> Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de fêmeas de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> com (a) o Log da Repleção estomacal e (b) o Log do índice hepatossomático (IHS). ....	36
<b>Figura 21:</b> Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de machos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> com (a) o Log da Repleção estomacal e (b) o Log do índice hepatossomático (IHS). ....	36
<b>Figura 22:</b> Correlações entre fecundidade média e número de ovócitos vitelogênicos nas malhas de 1000 µm e 850 µm (a) pelo comprimento padrão e (b) pelo peso de fêmeas maduras de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> . ....	38
<b>Figura 23:</b> Coleta com técnica de pesca elétrica para captura de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> . À esquerda, portadores de puçás não-eletrificados posicionados a jusante; à direita, portador de puçá eletrificado posicionado a montante. Ao fundo, caixa telada para recuperação dos peixes coletados. ....	48
<b>Figura 24:</b> Procedimento de marcação em um indivíduo de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> . (A) Etiqueta sendo destacada e transferida para a seringa de marcação;	

(B) seringa introduzida em região ventral próximo ao pedúnculo caudal; (C) etiqueta inserida, em destaque.....	49
<b>Figura 25:</b> Distâncias percorridas por indivíduos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> em um riacho da bacia do rio Guapiaçu nas diferentes estações.....	51
<b>Figura 26:</b> Proporções de indivíduos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> sem movimento (cinza escuro) e com movimento (cinza claro), em riacho da bacia do rio Guapiaçu nas diferentes estações. ....	52
<b>Figura 27:</b> Número de indivíduos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> , recapturados em riacho da bacia do rio Guapiaçu nas diferentes estações, pela distância que se deslocaram a partir do seu trecho de origem. ....	52
<b>Figura 28:</b> Estimativa de densidade de Kernel para movimentos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> a montante e a jusante do trecho de origem, durante o verão, em riacho da bacia do rio Guapiaçu, RJ.....	53
<b>Figura 29:</b> Estimativa de densidade de Kernel para movimentos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> a montante e a jusante do trecho de origem, durante o inverno, em riacho da bacia do rio Guapiaçu, RJ. ....	53
<b>Figura 30:</b> Correlação entre o deslocamento de um indivíduo de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> em riacho da bacia do rio Guapiaçu (RJ) e seu crescimento relativo em um tempo determinado. ....	54

## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1:</b> Coordenadas geográficas das localidades onde houve tentativa de coleta de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> na bacia do rio Guapiaçu e registro de sua presença, ...	10
<b>Tabela 2:</b> Proporção mensal entre os sexos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> em riacho do rio Guapiaçu (RJ). Valores de $\chi^2$ , graus de liberdade (G.L.) e valores de p.....	20
<b>Tabela 3:</b> Proporção entre os sexos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> no total da amostra, entre adultos e juvenis. Valores de $\chi^2$ , graus de liberdade (G.L.) e valores de p. ....	20
<b>Tabela 4:</b> Equações e $R^2$ das regressões entre Log do Peso e Log do CP para ambos os sexos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> . Valores de p em negrito indicam relações significativas.....	21
<b>Tabela 5:</b> Valores médios de CP (mm) e RGS (%) de fêmeas e machos reprodutivos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> ao longo de um ciclo anual em riachos da bacia do rio Guapiaçu (RJ).....	27
<b>Tabela 6:</b> Frequência de machos e fêmeas adultos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> nas diferentes classes de tamanho e limite inferior de CP de cada classe de tamanho para cada sexo. Valores em negrito indicam aqueles em que pelo menos 50% dos indivíduos machos e fêmeas já são sexualmente maduros.....	28
<b>Tabela 7:</b> Correlações entre o Log da relação gonadossomática de fêmeas de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> com dados pluviométricos, fluviométricos e abióticos de riachos da bacia do rio Guapiaçu (RJ). Valores de p em negrito indicam relações significativas.....	31
<b>Tabela 8:</b> Modelos de correlações entre o Log da relação gonadossomática de machos de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> com dados pluviométricos, fluviométricos e abióticos de riachos da bacia do rio Guapiaçu (RJ). Valores de p em negrito indicam relações significativas.....	33
<b>Tabela 9:</b> Correlações entre fecundidade média e número de ovócitos vitelogênicos em diferentes classes de tamanho pelo comprimento padrão (CP) de fêmeas maduras de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> . Valores de p em negrito indicam relações significativas. ....	37
<b>Tabela 10:</b> Correlações entre fecundidade média e número de ovócitos vitelogênicos em diferentes classes de tamanho pelo peso corporal de fêmeas maduras de <i>Rhamdioglanis transfasciatus</i> . Valores de p em negrito indicam relações significativas. ....	37
<b>Tabela 11:</b> Variáveis físicas e químicas, pluviosidade acumulada no mês e pluviosidade acumulada em dez dias no trecho de riacho estudado por estação do ano (verão e inverno); valores são expressos como média e amplitude.....	51

## Lista de Equações

<b>Equação 1:</b> Relação gonadossomática. ....	14
<b>Equação 2:</b> Fator de condição alométrico. ....	15
<b>Equação 3:</b> Fator de condição somático. ....	15
<b>Equação 4:</b> Índice hepatossomático. ....	15
<b>Equação 5:</b> Repleção estomacal. ....	16
<b>Equação 6:</b> Amplitude das classes de tamanho segundo a regra de Sturgess. ....	16

## Introdução Geral

Riachos tropicais em regiões montanhosas frequentemente sofrem com forte variação sazonal da descarga fluvial durante a estação chuvosa, como enchentes e cabeças d'água (Winemiller, 2008). Riachos de Mata Atlântica possuem ciclos de chuvas sazonais, além de chuvas orográficas, geradas a partir do choque de massas úmidas com serras montanhosas, gerando assim épocas de relativa maior estabilidade ambiental no período seco, bem como épocas de relativa maior instabilidade no período chuvoso. Variações cíclicas dos períodos de estabilidade e instabilidade ambiental podem gerar estratégias de história de vida diferenciadas em peixes de riacho (*e.g.* Menezes & Caramaschi, 1994; Menezes & Caramaschi, 2000; Mazzoni *et al.*, 2002; Mazzoni *et al.*, 2004; Rondineli *et al.*, 2011; Brito *et al.*, 2016). Entender a variação dos ciclos ambientais é um ponto essencial para compreender estratégias de história de vida e reprodutivas em peixes (Santos *et al.*, 2008).

Índices biológicos relacionados à reprodução podem indicar o resultado do trade-off entre as necessidades vitais de alocação de energia (Doria & Andrian, 1997; Carvalho *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2010). A variação da Relação Gonadossomática (RGS) ao longo do ano permite detectar o período reprodutivo, pois o processo de maturação dos ovócitos está relacionado com a alocação energética e o aumento do peso nos mesmos. Tal processo gera um aumento na relação entre o peso da gônada e o peso corporal dos indivíduos nas épocas reprodutivas. O Fator de Condição (K) é um indicador quantitativo que pode refletir o período reprodutivo quando as gônadas têm desenvolvimento representativo (Vazzoler, 1996). Neste contexto, o "timing" correto dos eventos reprodutivos é um dos principais componentes que podem influenciar a aptidão de um organismo (Winemiller, 1992).

Em relação às estratégias de história de vida influenciando a aptidão em peixes neotropicais, Winemiller (1989; 1992) propôs um contínuo trilateral, baseado em três conjuntos de características, que pode ser uma alternativa ao modelo r-k proposto por Pianka (1970). O modelo de Winemiller (1992) baseia-se em trade-offs entre diferentes características da história de vida de uma espécie e à previsibilidade do ambiente que ocupa e identifica três tipos de estratégia: oportunista, equilíbrio e sazonal. Tais categorias estão ligadas basicamente às características comportamentais, de uso do habitat e áreas de vida associadas à reprodução.

O termo área de vida foi primeiramente cunhado por mastozoólogos para determinar a área que um indivíduo exerce todas as suas atividades vitais (Burt, 1943). O mesmo foi redefinido por Gerking (1953) como “a área pela qual um animal normalmente se movimenta”. Aprofundando, o deslocamento de um organismo, definido como a distância percorrida pelo indivíduo em um espaço de tempo, pode ser considerado uma medida de sua área de vida (Mazzoni & Iglesias-Rios, 2012). Áreas de vida de diversos grupos taxonômicos são bem estudadas (Nathan, 2008), porém para peixes de riacho, estudos sobre o assunto ainda são pouco comuns. Em um dos poucos estudos com a temática, Mazzoni & Iglesias-Rios (2012) avaliaram padrões de movimento de dez espécies de peixes de um riacho de Mata Atlântica. Algumas delas, como o heptaperídeo *Rhamdia quelen* são residentes, sendo recapturadas nos mesmos locais onde foram marcadas anteriormente. Outras, como o também heptapterídeo *Pimelodella lateristriga*, possuem áreas de vida maiores, deslocando-se até 4 km em 84 dias (Mazzoni & Iglesias-Rios, 2012).

A família Heptapteridae é composta por pouco mais de 210 espécies, distribuídas em 24 gêneros de bagres de pequenos riachos e constitui um grupo monofilético (Bockmann, 1998; Froese & Pauly, 2016). É um grupo exclusivo da região Neotropical e um dos mais representativos dentre os siluriformes de pequeno porte de pequenos corpos d’água nas Américas do Sul e Central (Bockmann & Guazzelli, 2003). Uma espécie comum no sul-sudeste do Brasil é *Rhamdioglanis transfasciatus* (Figura 1), um peixe pertencente à família Heptapteridae, ordem Siluriformes, comum em riachos costeiros de Mata Atlântica (Oyakawa *et al.*, 2006). Sua área de ocorrência inclui as bacias costeiras entre os estados do Rio de Janeiro e Santa Catarina (Reis *et al.*, 2003; Froese & Pauly, 2016). É um bagre que pode atingir pouco mais de 20 cm e é encontrado principalmente em riachos com fundo pedregoso, de águas claras e correnteza rápida (Duboc, 2003; Menezes *et al.*, 2007); é conhecido como “mineiro-branco” na região serrana do estado do Rio de Janeiro em função de sua coloração bege clara, sendo eventualmente capturado e utilizado como alimento.

Apesar de comum e abundante, as informações disponíveis sobre a espécie são limitadas. Brito (2007) durante estudo de atividade reprodutiva de peixes do rio Macaé, verificou que o padrão reprodutivo da espécie é sazonal, iniciando-se no período de menor pluviosidade. Em estudo alimentar de duas espécies de Heptapteridae realizado também na bacia do rio Macaé (Brazil-Souza *et al.*, 2009), foi determinado que os principais itens (84%) da dieta de *R. transfasciatus* são larvas de Trichoptera e Diptera.

Apesar de algumas informações empíricas sobre a espécie já terem sido geradas (e.g. Brito, 2007; Brazil-Souza *et al.*, 2009), pouco se conhece sobre suas características populacionais e de história de vida, assim como para outras espécies de Mata Atlântica.

A Mata Atlântica é caracterizada por ser um mosaico de diferentes tipos vegetacionais; possui atualmente cerca de 12,5% de seu tamanho original e abriga 60,5% das espécies ameaçadas de extinção no Brasil (SOSMA, 2016). Rios e riachos de Mata Atlântica frequentemente sofrem com a influência de diversas ações antrópicas no meio físico – como captação de água para grandes centros urbanos, retificação de grandes trechos de rio, assoreamento, despejo de efluentes domésticos e industriais; e também no meio biótico – como a introdução de espécies, a sobre-pesca de espécies com interesse comercial e a diminuição das áreas com mata ciliar (Casatti, 2010). A diminuição da mata ciliar de um rio também pode levar à perda de espécies, homogeneização de habitats, diminuição de biomassa de peixes (Casatti, 2010), além de diminuir a regulação de ciclos hidrológicos e biogeoquímicos (Tundisi & Tundisi, 2010). Por esta ótica, o estudo visa aprofundar o conhecimento sobre a biologia populacional e reprodutiva de uma espécie endêmica e subsidiar ações de conservação de populações naturais em áreas de Mata Atlântica.



Foto: Axel Katz

**Figura 1:** *Rhamdioglanis transfasciatus* capturado no riacho do Mineiro-Branco (22°25'18,26"S, 42°44'20,90"O), bacia do rio Guapiaçu, na Reserva Ecológica do Guapiaçu (REGUA); aproximadamente 18 cm de comprimento padrão. Fotografia: Axel Katz.

Este trabalho é uma pesquisa exploratória com o objetivo de determinar a estrutura populacional, estratégia reprodutiva e deslocamento longitudinal de *Rhamdioglanis transfasciatus*, tentando responder às seguintes questões:

- a) A população é representada por todas as classes de tamanho e por machos e fêmeas igualmente?

- b) Existe dimorfismo sexual na espécie?
- c) O ciclo reprodutivo é anual?
- d) Os indivíduos apresentam atividade reprodutiva sincrônica?
- e) Com que tamanho se inicia a atividade reprodutiva de machos e fêmeas?
- f) Índices biológicos refletem a atividade reprodutiva da espécie?
- g) O número de ovócitos produzidos por fêmeas tem relação com tamanho e biomassa?
- h) A espécie é sedentária?
- i) Possíveis padrões de movimentação da espécie são sazonais?
- j) Existe orientação no movimento de indivíduos da espécie?
- k) Há relação entre os eventos estudados e o regime de chuvas da região?

## Capítulo I – Ecologia reprodutiva de *Rhamdioglanis transfasciatus* na bacia do rio Guapiaçu (RJ)

### Introdução

O conhecimento da ecologia reprodutiva de peixes de água doce brasileiros provém principalmente de espécies de grande porte ou de interesse comercial. Em revisão sobre a biologia reprodutiva de peixes de água doce brasileiros, Godinho *et al.* (2009) analisaram dados de 67 espécies, das quais mais de 62% são de médio a grande porte e 41% possuem algum tipo de interesse comercial. Nos últimos anos, porém, estudos relacionados à ecologia reprodutiva de peixes de água doce brasileiros tem sido realizados com espécies que não possuem grande interesse econômico (*e.g.* Menezes & Caramaschi, 1994; Amaral *et al.*, 1999; Mazzoni *et al.*, 2002; Abilhoa, 2007; Andrade *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2009; Rondineli & Braga, 2010; Rondineli *et al.*, 2011; Cavalcante *et al.*, 2012; Paschoalini *et al.*, 2013; Azevedo *et al.*, 2016). O conhecimento da ecologia reprodutiva de peixes de Mata Atlântica segue um padrão parecido, com foco especialmente nas espécies presentes nas calhas dos maiores rios da região (*e.g.* Andrade *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2009; Paschoalini *et al.*, 2013). Apesar de já existir uma base de conhecimento sobre os aspectos ecológicos de espécies de peixes em rios maiores, somente recentemente tem sido dada atenção às características populacionais e de história de vida de espécies de pequeno porte de riachos (*e.g.* Azevedo *et al.*, 2016; Brito *et al.*, 2016).

As características de história de vida de peixes de riacho tropicais são diversas (Winemiller, 1989; Winemiller *et al.*, 2008). Por exemplo, peixes com reprodução sincrônica e desova total têm sua atividade reprodutiva ligada a fatores ambientais de maior escala temporal, como o aumento na pluviosidade e na descarga fluvial ao longo do ano; em riachos de montanha, sujeitos a cabeças d'água, algumas espécies de peixes desovam em córregos menores e áreas abrigadas do fluxo mais forte, ou mesmo possuem seu pico reprodutivo nos meses mais secos (Winemiller *et al.*, 2008). Devido à diversidade de tais características, foi proposto um modelo com contínuo trilateral de estratégias de história de vida para peixes (Winemiller, 1989; Winemiller, 1992). Em um dos extremos do modelo a estratégia “oportunista” é caracterizada por rápida maturação, menor tamanho corporal, baixa fecundidade e períodos reprodutivos mais longos. Em um segundo extremo, a estratégia “equilíbrio” é caracterizada por um alto investimento parental, tanto por cuidado com os ovos quanto com a sobrevivência da

prole. No terceiro extremo, a estratégia “sazonal” é caracterizada por uma alta fecundidade, ovócitos pequenos, um período de desova curto e sincronizado e ausência de cuidado parental. Entre esses três extremos, as espécies podem possuir estratégias intermediárias. Além disso, dependendo do ambiente em que as mesmas se encontram, as estratégias de história de vida podem ser determinadas pela filogenia (Azevedo *et al.*, 2016), ser espécie-específicas (Gonçalves *et al.*, 2013) ou plásticas (Mérona *et al.*, 2009).

As estratégias de história de vida de uma espécie são mensuradas a partir de métricas relacionadas aos aspectos populacionais e reprodutivos da mesma (Winemiller, 1989). Índices relacionados à reprodução (*e.g.* relação gonadossomática, tamanho de primeira maturação, fecundidade, entre outros) são utilizados como indicativos do período reprodutivo de uma espécie (*e.g.* Alkins-Koo, 2000; Azevedo *et al.*, 2016). Por exemplo, um aumento na relação gonadossomática (RGS) está associado com o aumento do peso das gônadas durante o período reprodutivo (amadurecimento dos ovócitos e posterior aumento relativo de peso dos mesmos). Em estudo da reprodução da comunidade de peixes do rio Macaé, foi verificado que 89% das espécies estudadas possuem valores de RGS mais altos no período chuvoso e 11% no período seco (Brito, 2007). Altos valores de RGS também estão associados ao tamanho do peixe e sua fecundidade, pois um aumento em biomassa por consequência pode gerar um aumento no tamanho das gônadas e uma maior fecundidade absoluta no ovário maduro (Alkins-Koo, 2000). Por fim, demandas conflitantes entre o investimento energético na reprodução (*e.g.* desenvolvimento de gametas, busca de parceiros, cuidado com a prole) ou no crescimento (ganho de tamanho e peso) determinam a alocação da energia disponível no organismo; conforme a demanda de energia para a reprodução aumenta, diminui a disponibilidade para o crescimento (Poizat *et al.*, 1999).

As relações energéticas de um organismo em diferentes etapas de sua vida podem levar indivíduos de ambos os sexos à maturidade reprodutiva em diferentes estágios de crescimento. Machos e fêmeas de peixes geralmente atingem a maturidade sexual com tamanhos diferentes (*e.g.* Barbieri, 1995, Barbieri *et al.*, 2001). O tamanho em que os indivíduos de diferentes sexos atingem a maturidade sexual (*i.e.* tamanho de primeira maturação) pode ser determinado pelos custos para o desenvolvimento das gônadas. Fêmeas geralmente desenvolvem gônadas maiores que as dos machos o que, dentre outros fatores, demanda que uma maior quantidade de energia seja deslocada de compartimentos somáticos para as gônadas (Santos *et al.*, 2010). Dessa forma, pode-se

esperar que elas atinjam sua primeira maturação com um tamanho menor que os machos. Porém tal relação pode não ser verdadeira em uma situação de alimentação constante (*i.e.* entrada constante de energia no sistema) ao longo do ciclo reprodutivo, já que o organismo pode ser suprido através da ingestão de alimento (Doria & Andrian, 1997; Santos *et al.*, 2010). Em peixes de riacho, a alocação energética está associada em última instância à dinâmica dos seus ciclos alimentares e reprodutivos (Resende, 2008).

O conhecimento dos ciclos alimentares e reprodutivos e de estratégias de história de vida de peixes de riachos é uma lacuna de conhecimento importante a ser preenchida, uma vez que ainda faltam informações básicas sobre espécies endêmicas. *Rhamdioglanis transfasciatus* é um bagre endêmico de riachos costeiros de Mata Atlântica, pertencente à família Heptapteridae. Alimenta-se principalmente de larvas de insetos aquáticos (Brazil-Souza *et al.*, 2009) e existem evidências de que sua reprodução ocorra nos meses de menor pluviosidade (Brito, 2007).

Este trabalho baseia-se na hipótese de que *R. transfasciatus*, por ser uma espécie de riachos suscetíveis a cabeças d'água, mais frequentes no período chuvoso, possui atividade reprodutiva sincrônica nos meses de menor pluviosidade e que suas características populacionais, reprodutivas e de história de vida estejam associadas à vida nesse ambiente. Os objetivos específicos deste trabalho estão separados entre os descritivos: (1) determinar a estrutura da população em tamanho ao longo de um ciclo anual; (2) determinar se a proporção sexual entre jovens e adultos, e entre os meses de coleta é diferente de 1:1; (3) identificar as relações alométricas de ambos os sexos e presença de dimorfismo sexual em jovens e adultos; (4) determinar o período reprodutivo da espécie ao longo de um ciclo anual; (5) determinar o tamanho de primeira maturação gonadal em machos e fêmeas; (6) determinar as fecundidades absoluta e relativa; e (7) determinar o tipo de desova da espécie; e os relacionados à hipótese: (8) identificar se a atividade reprodutiva está relacionada aos ciclos hidrológicos da região e/ou às variáveis abióticas locais; (9) identificar se a atividade reprodutiva está associada a uma possível diminuição na atividade alimentar e a uma possível diminuição no peso do fígado; e (10) identificar se há um incremento no número absoluto de ovócitos com o aumento da biomassa de peixe.

## **Metodologia**

### *Área de estudo*

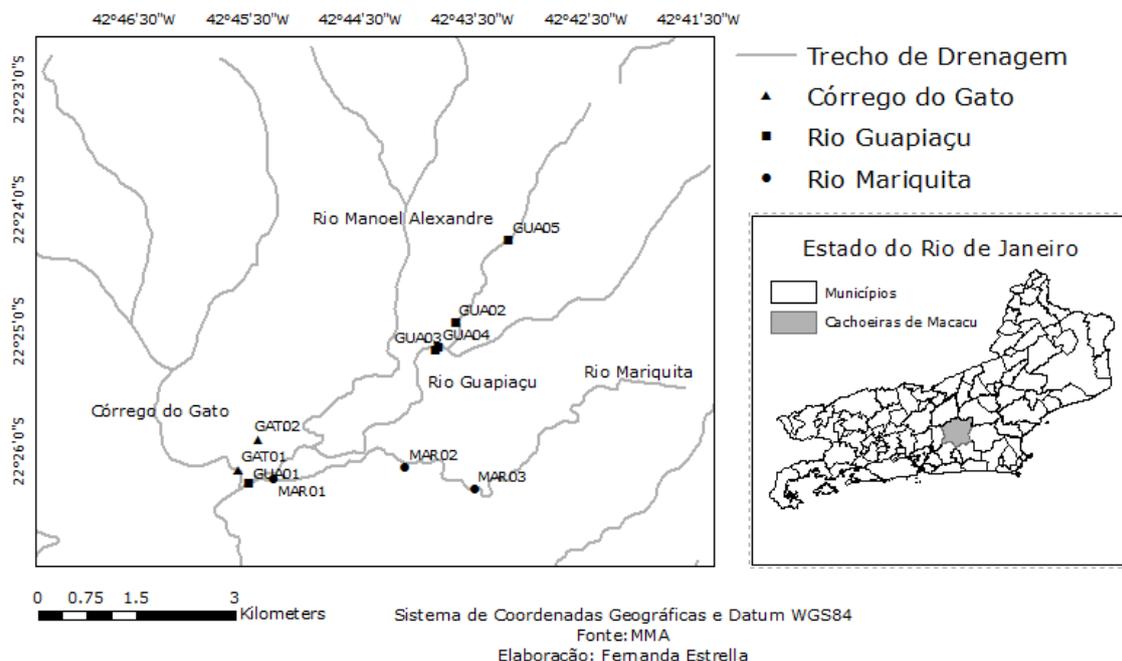
A bacia do rio Guapiaçu (Figura 2) localiza-se na transição da região serrana para a região de baixada nos municípios de Cachoeiras do Macacu e Guapimirim, estado do Rio de Janeiro. A precipitação anual média na região é de cerca de 2.080 mm/ano, podendo chegar a quase 3.000 mm acumulados nos anos mais chuvosos (Agência Nacional de Águas, 2016). O ano de 2015 (que compreendeu parcialmente este estudo) contudo, foi o mais seco dos últimos 50 anos na região, com precipitação acumulada de 1.385 mm (Figura 3). É atualmente uma das bacias mais íntegras no entorno da Baía de Guanabara, com nascentes em área de Mata Atlântica preservada pelo Parque Estadual dos Três Picos, pelo Parque Nacional da Serra dos Órgãos e pela Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA).

A área original da Mata Atlântica abriga hoje mais de 72% da população brasileira e seus remanescentes florestais sofrem com pressões relacionadas à crescente urbanização (SOSMA, 2016). Tais pressões são associadas a problemáticas ambientais e geram degradação nas condições biológicas (Casatti, 2010), hidrológicas e biogeoquímicas (Tundisi & Tundisi, 2010).

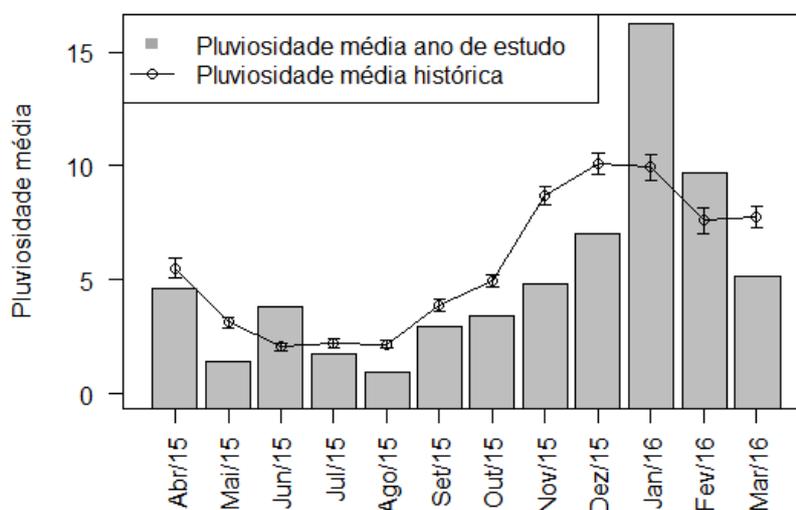
O rio Guapiaçu após percorrer, em seu terço superior, trechos de floresta, em seu trecho médio atravessa áreas rurais, com pastos e cultivos agrícolas de ciclo curto. Na transição do trecho superior para o trecho médio, sofre captação de água por empresa que a utiliza para preparação de bebidas. No trecho médio é ladeado por estradas de terra e asfaltadas e atravessa localidades urbanas, como o vilarejo de Guapiaçu, no qual os moradores se preocupam em manter a limpeza da água e integridade das margens por constituir balneário e área de lazer.

A preservação da mata ciliar nas margens do rio Guapiaçu acompanha o gradiente altitudinal; no trecho médio possui mata ciliar descontínua, com trechos possuindo larguras de 10 a 30 metros, porções de gramíneas e herbáceas (pastos) e áreas de cultivos agrícolas de ciclo curto. A partir do vilarejo de Guapiaçu e praticamente em toda a extensão do trecho inferior do rio Guapiaçu há desmatamento ciliar de alta intensidade.

## PONTOS AMOSTRADOS NA BACIA DO GUAPIAÇU



**Figura 2:** Pontos amostrados na área de estudo; bacia do rio Guapiaçú, no município de Cachoeiras de Macacu (RJ).



**Figura 3:** Pluviosidade média durante o ano de estudo e pluviosidade média histórica na bacia do alto rio Guapiaçú (Fonte: Hidroweb; ANA). Barras indicam média  $\pm$  erro padrão.

### Coleta dos exemplares

Para os estudos da estratégia reprodutiva de *Rhamdioglanis transfasciatus* foram realizadas coletas mensais de abril de 2015 a março de 2016 em três principais afluentes do rio Guapiaçú (Tabela 1). Foram realizadas coletas no rio Guapiaçú e seu afluente rio

Mariquita durante os meses de abril, junho, agosto, outubro e dezembro de 2015 e fevereiro de 2016. Coletas no córrego do Gato e no rio Guapiaçu ocorreram nos meses de maio, julho, setembro e novembro de 2015; janeiro e março de 2016. Este desenho amostral foi definido respeitando duas premissas: (1) que a calha principal do rio Guapiaçu fosse amostrada todos os meses ao longo de um ciclo anual e (2) que nenhum ponto de coleta fosse amostrado em dois meses seguidos para evitar possível depleção populacional da espécie no local.

As coletas foram realizadas utilizando a técnica de pesca elétrica como descrito em Lobón-Cerviá (1991) e Mazzoni *et al* (2000), com auxílio de um gerador de corrente alternada (Honda EU10i, 1.000 W, 220 V, 4,1 A). Para maximizar as capturas, uma pessoa com um puçá eletrificado, acompanhada de duas ou três pessoas adicionais carregando puçás não-eletrificados percorreram o trecho amostrado em direção montante (Figura 4), capturando os peixes atingidos pelo campo elétrico (*e.g.* Mazzoni *et al.*, 2000).

**Tabela 1:** Coordenadas geográficas das localidades onde houve tentativa de coleta de *Rhamdioglanis transfasciatus* na bacia do rio Guapiaçu e registro de sua presença.

Ponto	Lat	Long	Bacia	Sub-Bacia	Captura
MAR 01	22° 26' 12,37" S	42° 45' 12,94" O	Guapiaçu	Mariquita	X
MAR 02	22° 26' 05,60" S	42° 44' 03,00" O	Guapiaçu	Mariquita	X
MAR 03	22° 26' 16,10" S	42° 43' 25,90" O	Guapiaçu	Mariquita	X
GUA 01	22° 26' 14,50" S	42° 45' 25,69" O	Guapiaçu	Guapiaçu	
GUA 02	22° 24' 53,07" S	42° 43' 37,60" O	Guapiaçu	Guapiaçu	X
GUA 03	22° 25' 07,20" S	42° 43' 47,50" O	Guapiaçu	Guapiaçu	X
GUA 04	22° 25' 05,80" S	42° 43' 46,10" O	Guapiaçu	Guapiaçu	X
GUA 05	22° 24' 11,50" S	42° 43' 09,70" O	Guapiaçu	Guapiaçu	X
GAT 01	22° 26' 08,10" S	42° 45' 31,90" O	Guapiaçu	Gato	X
GAT 02	22° 25' 52,59" S	42° 45' 21,29" O	Guapiaçu	Gato	



**Figura 4:** Captura de *Rhamdioglanis transfasciatus* com pesca elétrica. (A) À esquerda, pesquisador com puçá eletrificado posicionado a montante, à direita pesquisadores com puçás não-eletrificados posicionados a jusante e ao fundo pesquisador segurando caixa telada para recuperação dos exemplares capturados; (B) pesquisadores com puçás não-eletrificados verificando possíveis capturas.

Os indivíduos de *R. transfasciatus* capturados eram deixados dentro de caixa telada (Figura 4) parcialmente imersa no riacho para total recuperação. Em seguida, eram anestesiados com mentol ou triclaína, e após total anestesia, eram sacrificados por seccionamento da coluna vertebral. Tal procedimento é aceito pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA/MCTI, 2013). Os exemplares foram mantidos em gelo para transporte até o laboratório.

Ao final de cada coleta, eram medidas condições físicas e químicas no trecho de rio amostrado (Figura 5). Com auxílio de equipamentos eletrônicos (oxímetro, condutivímetro e pHmetro) foram medidos temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), saturação de oxigênio (%), condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e pH. Para o cálculo da vazão média (L/s) do trecho amostrado, foram realizadas, com auxílio de um fluxômetro digital, medições de velocidade da água em 10 pontos de uma seção transversal com área mensurada.



**Figura 5:** Obtenção de dados físicos e químicos do riacho estudado. (A) uso do oxímetro para obtenção de temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ), oxigênio dissolvido ( $\text{mg/L}$ ) e saturação de oxigênio (%); (B) uso de pHmetro; (C) uso de fluxômetro para obtenção da velocidade da água ( $\text{m/s}$ ).

Dados diários de pluviosidade da estação Fazenda do Carmo (Código Pluviométrico da Estação: 02242013) foram obtidos junto ao banco nacional de dados hidrológicos (Agência Nacional de Águas, 2016).

#### *Dados biométricos e dissecação dos exemplares*

De cada exemplar, foram obtidos os seguintes dados biométricos (Figura 6): comprimento total (CT), definido como o comprimento máximo do exemplar, medido da ponta do focinho ao final da nadadeira caudal; comprimento padrão (CP), definido como a medida da ponta do focinho até a placa hypural, próximo ao final do pedúnculo caudal; comprimento da cabeça (CC), definido como a medida da ponta do focinho até o ponto posterior do opérculo; comprimento da nadadeira caudal (CNC), definido através da subtração do CT pelo CP do exemplar; altura do corpo em milímetros, medida na base da nadadeira dorsal do exemplar; e o peso total (Pt) do exemplar em gramas. Em seguida, cada espécime foi dissecado ainda fresco e teve suas gônadas, fígado e trato digestivo retirados e pesados em balança de precisão 0,01g.

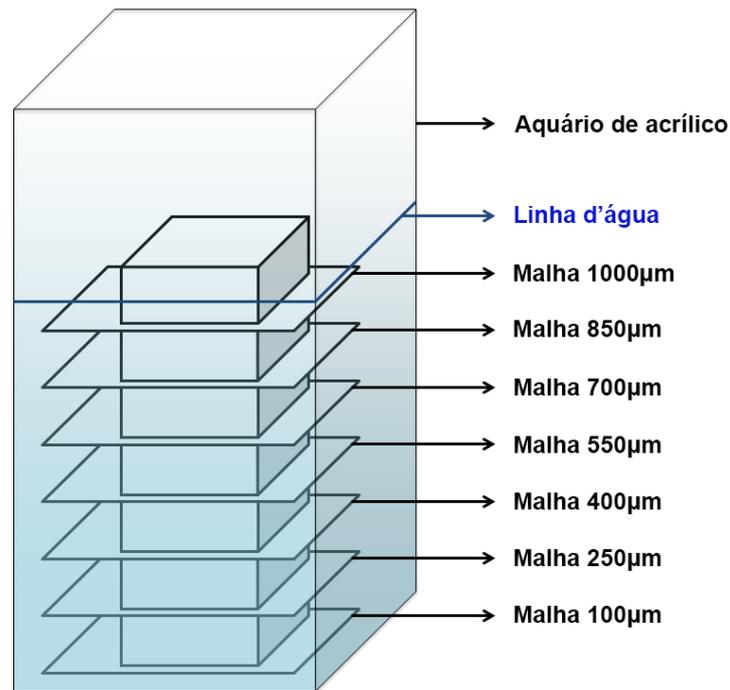


**Figura 6:** Medidas biométricas representadas em exemplar de *R. transfasciatus*; comprimento total em vermelho (-), comprimento padrão em verde claro (-), comprimento da cabeça em amarelo (-) e altura do corpo em azul (-).

O sexo e estágio de maturação gonadal foram definidos visualmente (macroscopicamente) como: M1 – gônada masculina imatura ou pós-recuperação; M2 – gônada masculina em maturação inicial; M3 – gônada masculina madura; M4 – gônada masculina espermiada ou semi-espermiada; F1 – gônada feminina imatura ou pós-recuperação; F2a – gônada feminina em maturação inicial; F2b – gônada feminina em maturação avançada; F3 – gônada feminina madura; F4 – gônada feminina desovada em recuperação (Vazzoler, 1996; Núñez & Duponchelle, 2009). Após retiradas e pesadas, as mesmas foram fixadas em formol 10%. Ao todo, dez gônadas femininas maduras foram selecionadas para determinação da fecundidade e tipo de desova, e ainda frescas, acondicionadas em solução de Gilson para dissociação dos ovócitos (Vazzoler, 1996).

### *Fecundidade*

Os ovários utilizados para determinação da fecundidade foram deixados por um período mínimo de duas semanas em solução de Gilson. Após este período, o epitélio e tecido conjuntivo das gônadas se dissolve e restam apenas os ovócitos dissociados. Os mesmos foram separados em diferentes classes de tamanho com auxílio de ovocitômetro. Esta ferramenta (Figura 7) consiste de sete diferentes malhas (1000, 850, 700, 550, 400, 250 e 100  $\mu\text{m}$ ) mergulhadas em água e organizadas em ordem decrescente. Desta forma, os ovócitos maiores permanecem retidos nas primeiras malhas, enquanto os ovócitos com diâmetro menor que a abertura das mesmas, caem até as últimas, separando-os em diferentes classes de tamanho.



**Figura 7:** Esquema de ovocitômetro para separação de ovócitos de peixes em diferentes classes de tamanho, após dissociação em solução de Gilson.

### *Índices biológicos*

Os índices biológicos foram calculados separadamente para machos e fêmeas (Vazzoler, 1996), de forma a verificar diferenças sexuais no investimento energético para reprodução. Os índices utilizados nas análises deste trabalho são apresentados a seguir:

A relação gonadossomática (RGS) é uma relação percentual do peso da gônada em relação ao peso total do espécime. A mesma foi calculada com base na equação 1, na qual  $P_g$  é o peso da gonada e  $P_t$  é o peso total do espécime, ambos em gramas.

**Equação 1:** Relação gonadossomática.

$$RGS = \left( \frac{P_g}{P_t} \right) \times 100$$

O fator de condição é um índice que reflete o estado fisiológico dos peixes e depende do coeficiente angular (b) da relação peso-comprimento, que reflete o padrão de crescimento da espécie (Le Cren, 1951). Pode ser calculado de duas formas, levando em consideração o peso total dos indivíduos (Fator de condição alométrico) ou apenas o

peso dos tecidos somáticos (Fator de condição somático). O fator de condição alométrico ( $K_a$ ) foi calculado com base na equação 2, na qual  $P_t$  é o peso total em gramas do espécime,  $CP$  é o comprimento padrão em milímetros do mesmo e  $b$  é o coeficiente angular da regressão alométrica da espécie. O fator de condição somático ( $K_s$ ) foi calculado com base na equação 3, na qual  $P_t$  é o peso total em gramas do espécime,  $P_g$  é o peso da gônada do espécime também em gramas,  $CP$  é o comprimento padrão em milímetros do mesmo e  $b$  é o coeficiente angular da regressão alométrica da espécie. Uma vez que machos e fêmeas de peixes podem possuir ritmos de crescimento diferentes (*e.g.* Barbieri, 1995, Barbieri *et al.*, 2001), foram calculadas regressões alométricas diferentes para ambos os sexos; desta forma, os valores do coeficiente angular ( $b$ ) são distintos entre os sexos.

**Equação 2:** Fator de condição alométrico.

$$K_a = P_t / CP^b$$

**Equação 3:** Fator de condição somático.

$$K_s = (P_t - P_g) / CP^b$$

O índice hepatossomático (IHS) é uma relação percentual do peso do fígado do espécime em relação ao seu peso total e pode refletir a variação do peso do fígado ao longo do tempo ou do crescimento do peixe. O mesmo foi calculado com base na equação 4, na qual  $P_f$  é o peso do fígado e  $P_t$  é o peso total do espécime, ambos em gramas.

**Equação 4:** Índice hepatossomático.

$$IHS = (P_f / P_t) \times 100$$

A repleção estomacal (RE) é uma relação percentual do peso do estômago do espécime em relação ao seu peso total e pode ser um indicativo da alimentação recente do espécime. A mesma foi calculada com base na equação 5, na qual  $P_e$  é o peso do estômago e  $P_t$  é o peso total do espécime, ambos em gramas.

**Equação 5:** Repleção estomacal.

$$RE = (Pe/Pt) \times 100$$

*Análise de dados*

Sempre que necessário, os dados que não corresponderam a distribuições normais foram transformados, de forma a sempre respeitar os pressupostos das análises posteriores. O nível de significância adotado em todos os testes foi  $p < 0,05$ .

Machos e fêmeas foram categorizados separadamente em diferentes classes de tamanho. A amplitude das classes de tamanho foi definida de acordo com a regra de Sturges (equação 6), onde H é a amplitude das classes de tamanho, R é a amplitude do CP das observações (amplitude entre o indivíduo de menor e o de maior tamanho corporal) e N o número de indivíduos utilizados na amostra (Vieira, 1991).

**Equação 6:** Amplitude das classes de tamanho segundo a regra de Sturges.

$$H = R / [(1 + 3,222) \times \log N]$$

Para que a verificação da dinâmica da estrutura da população em tamanho ao longo do tempo fosse mais clara, os meses foram agrupados nas estações do ano das quais fazem parte (Janeiro, Fevereiro e Março – Verão; Abril, Maio e Junho – Outono; Julho, Agosto e Setembro – Inverno; Outubro, Novembro e Dezembro – Primavera). Para verificar a variação da estrutura da população em tamanho, foram comparadas as proporções de indivíduos nas diferentes classes de tamanho ao longo do ciclo anual.

Para verificar se a proporção sexual da espécie é diferente de 1:1 foram realizados três testes  $\chi^2$ , com (1) o número total de machos e fêmeas capturados durante o estudo, (2) o número de machos e fêmeas adultos (maduros), e (3) o número de machos e fêmeas imaturos. Além disso, foram verificadas, também com testes  $\chi^2$  as proporções sexuais em cada mês ao longo de um ciclo anual.

Para verificar se as relações alométricas de machos e fêmeas são diferentes entre si, foram realizadas regressões lineares entre o Log do comprimento padrão (CP) e o Log do peso para ambos os sexos.

Para determinar ocorrência de dimorfismo sexual em proporções corporais na espécie, foram realizados teste-T entre medidas biométricas de tamanho (CP), peso e

proporções corporais entre machos e fêmeas adultos. Diferenças no comprimento da cabeça (CC), altura do corpo e comprimento da nadadeira caudal (CNc) foram determinadas pela proporção dos mesmos em relação ao comprimento padrão do espécime. Foram testadas também em machos e fêmeas imaturos a ocorrência de dimorfismo sexual em proporções corporais, para determinar se tais diferenças se manifestam somente a partir da maturidade sexual ou desde o início de seu desenvolvimento.

Foram verificadas as proporções dos estádios de maturação gonadal ao longo dos meses. A flutuação das proporções dos estádios maduros de machos (M2, M3 e M4) e de fêmeas (F2a, F2b, F3 e F4), junto com a variação da RGS ao longo do ano, foram utilizadas para definir a época de reprodução da espécie.

Para verificar a variação dos índices biológicos ao longo dos meses, foram comparadas as variações das médias do índice hepatossomático (IHS), da repleção estomacal (RE), do fator de condição alométrico (Ka), do fator de condição somático (Ks) e da relação gonadossomática (RGS) de machos e fêmeas ao longo dos meses. No caso da variação do RGS de machos e fêmeas ao longo dos meses, foram utilizados os valores somente de indivíduos sexualmente maduros (M2, M3, M4, F2a, F2b, F3 e F4). Foi definida a amplitude do fator de condição somático médio de fêmeas ( $\Delta Ks_{\text{♀}}$ ) e de machos ( $\Delta Ks_{\text{♂}}$ ), como o menor valor médio subtraído do maior valor médio do fator de condição somático para cada respectivo sexo.

O cálculo do tamanho de primeira maturação gonadal ( $L_{50}$  – ou tamanho em que pelo menos 50% dos indivíduos se encontram maduros) foi baseado na frequência de exemplares maduros e imaturos nas diferentes classes de tamanho de ambos os sexos. O cálculo foi baseado na média aritmética do CP mínimo da classe de tamanho em que menos de 50% dos indivíduos estão maduros com o CP mínimo da classe de tamanho em que mais de 50% dos indivíduos estão maduros. Como base para definição da maturidade dos exemplares, foi utilizada a relação gonadossomática (RGS), pois a mesma é uma medida contínua da maturação gonadal (Fontoura *et al.*, 2009). Machos e fêmeas maduros foram definidos como aqueles com  $RGS \geq 5\%$  do maior RGS encontrado para o sexo. Baseado em Fontoura *et al.* (2009), foi determinado o corte no valor de 5% do maior RGS encontrado para a espécie, que já se mostra eficaz para determinação do  $L_{50}$  em diferentes espécies. O  $L_{50}$  foi então estimado separadamente para machos e fêmeas como o tamanho médio nas classes de tamanho em que 50% dos

indivíduos estão maduros. Foi ajustada uma regressão logística do tamanho de primeira maturação no pacote stats do programa R 3.2.3 (R Core Team, 2015).

Através da contagem de ovócitos vitelogênicos nas diferentes classes de tamanho (malhas do ovocitômetro) de dez fêmeas, foi determinada a fecundidade absoluta de cada espécime. A fecundidade relativa ao tamanho foi calculada dividindo a fecundidade absoluta pelo CP de cada espécime. Da mesma forma, a fecundidade relativa ao peso foi calculada dividindo a fecundidade absoluta pelo Peso total (Pt) de cada espécime.

O tipo de desova foi determinado pela análise da distribuição da frequência dos ovócitos nas classes de tamanho (Vazzoler, 1996) e pela correlação da quantidade de ovócitos vitelogênicos nas diferentes classes de tamanho dos ovócitos com o CP e o peso dos exemplares.

Para definir se a reprodução da espécie está associada às variáveis abióticas medidas nos eventos de coleta dos exemplares, foram realizados testes de correlação de Spearman (não paramétrica) da Relação gonadossomática (RGS) com a temperatura da água, o pH, o oxigênio dissolvido e a condutividade da água a que os peixes estavam submetidos em sua localidade de origem.

Para definir se a reprodução da espécie está associada de alguma forma à pluviosidade, foram realizados testes de correlação de Spearman (não paramétrica) da Relação Gonadossomática (RGS) com a pluviosidade acumulada no mês de cada coleta, a pluviosidade acumulada dos últimos dez dias, a pluviosidade média do mês de cada coleta, a pluviosidade média histórica do mês de coleta de cada exemplar e a vazão fluvial medida no riacho quando do evento de coleta dos exemplares.

Para definir se a época reprodutiva implica em uma diminuição na ingestão alimentar, foi realizado um teste de correlação de Spearman entre a RGS e a Repleção Estomacal (RE). Da mesma forma, para definir se a variação da RGS foi ligada a uma diminuição do peso do fígado dos exemplares, foi realizado um teste de correlação de Spearman entre a RGS e o Índice Hepatossomático (IHS) de cada exemplar.

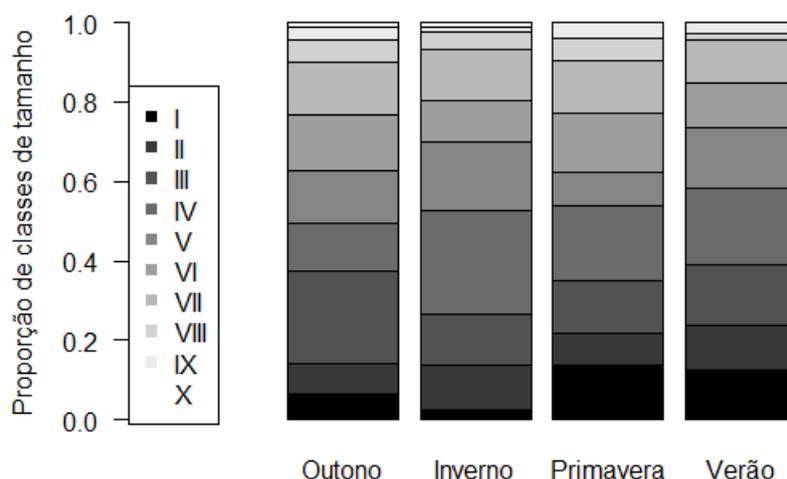
Para identificar se há incremento no número absoluto de ovócitos com o aumento de biomassa de peixe, foram realizadas correlações de Spearman entre a quantidade de ovócitos vitelogênicos em cada classe de tamanho de ovócitos com o tamanho corporal (CP) e o peso (Pt) dos exemplares.

Todas as análises realizadas, bem como os gráficos gerados, foram executados no programa R 3.2.3 (R Core Team, 2015).

## Resultados

Foi capturado um total de 337 exemplares de *Rhamdioglanis transfasciatus* em doze meses de estudo. Não foi identificado o sexo de 13 exemplares. Foram capturadas 160 fêmeas, com média de CP de 96,2 mm. A menor fêmea identificada teve 48 mm de CP e foi capturada em dezembro de 2015; a maior fêmea identificada teve 159 mm de CP e foi capturada em abril de 2015. Foram capturados 164 machos e a média de comprimento padrão (CP) deles foi de 114,5 mm. O menor macho identificado teve 48 mm de CP e foi capturado em dezembro de 2015; o maior macho identificado teve 206 mm de CP e foi capturado em agosto de 2015.

Indivíduos da maior classe de tamanho (classe X) foram capturados apenas nos meses de outono e inverno (abril, maio, junho, julho, agosto e setembro de 2015), mesmos meses em que foram capturadas as menores proporções de indivíduos das menores classes de tamanho (I e II). As maiores proporções de indivíduos nas classes de tamanho I e II foram verificadas nos meses de primavera e verão (outubro, novembro e dezembro de 2015 e janeiro, fevereiro e março de 2016). As classes de tamanho intermediárias foram bem representadas em todos os meses de coleta (Figura 8).



**Figura 8:** Proporções das diferentes classes de tamanho de *Rhamdioglanis transfasciatus* de riacho da bacia do rio Guapiaçu (RJ) entre abril/2015 e março/2016.

A proporção sexual da espécie em cada mês ao longo de um ciclo anual não diferiu significativamente de 1:1 entre machos e fêmeas (Tabela 2). Machos

predominaram em agosto de 2015 e fêmeas em dezembro de 2015, apesar dos valores de p não indicarem diferenças significativas.

A proporção sexual da espécie não diferiu significativamente de 1:1 (Tabela 2) e nem a proporção sexual entre adultos e juvenis (Tabela 3).

**Tabela 2:** Proporção mensal entre os sexos de *Rhamdioglanis transfasciatus* em riacho do rio Guapiaçu (RJ). Valores de  $\chi^2$ , graus de liberdade (G.L.) e valores de p.

	Proporção (M: F)	$\chi^2$	G.L.	p
<b>abr/15</b>	1 : 0,43	1,8310	1	0,1760
<b>mai/15</b>	1 : 1,25	0,2229	1	0,6368
<b>jun/15</b>	1 : 0,88	0,0625	1	0,8025
<b>jul/15</b>	1 : 1,26	0,2361	1	0,6270
<b>ago/15</b>	1 : 0,31	3,0931	1	0,0786
<b>set/15</b>	1 : 1,13	0,0625	1	0,8025
<b>out/15</b>	1 : 0,90	0,0238	1	0,8773
<b>nov/15</b>	1 : 0,78	0,1806	1	0,6708
<b>dez/15</b>	1 : 1,80	1,1667	1	0,2801
<b>jan/16</b>	1 : 1,23	0,1555	1	0,6933
<b>fev/16</b>	1 : 0,62	0,3508	1	0,5536
<b>mar/16</b>	1 : 1,30	0,2678	1	0,6048

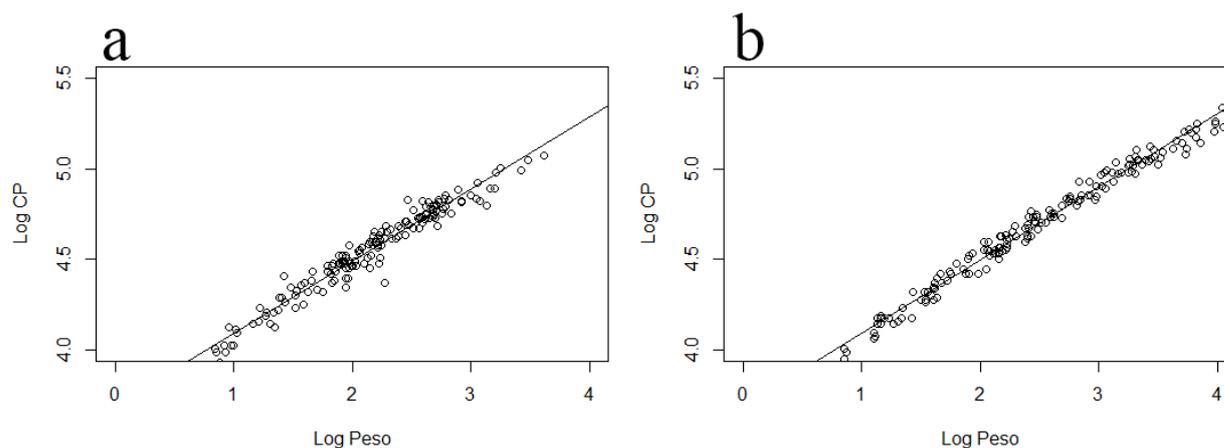
**Tabela 3:** Proporção entre os sexos de *Rhamdioglanis transfasciatus* no total da amostra, entre adultos e juvenis. Valores de  $\chi^2$ , graus de liberdade (G.L.) e valores de p.

	Proporção (M: F)	$\chi^2$	G.L.	p
<b>Espécie</b>	1: 0,97	0,0246	1	0,8751
<b>Adultos</b>	1: 0,71	2,4478	1	0,1177
<b>Juvenis</b>	1: 1,39	2,0838	1	0,1489

Machos e fêmeas tiveram crescimentos parecidos (Tabela 4). A regressão do Log CP com o Log Peso de machos teve uma inclinação de reta de 0,40 ( $R^2 = 0,98$ ; Tabela 4; Figura 9a). A regressão do Log CP com o Log Peso de fêmeas teve uma inclinação de reta de 0,39 ( $R^2 = 0,95$ ; Tabela 4; Figura 9b). Fêmeas e machos tiveram crescimento alométrico negativo ( $b = 2,818$  e  $b = 2,749$  respectivamente).

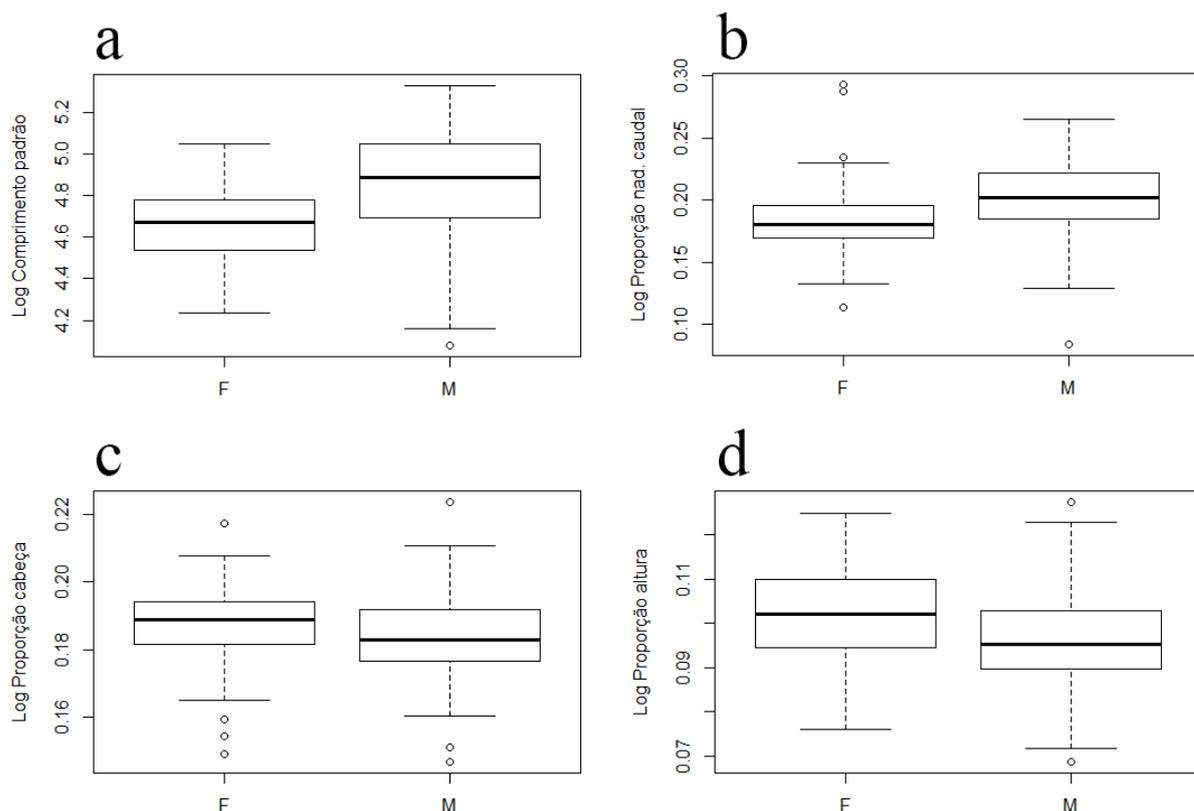
**Tabela 4:** Equações e  $R^2$  das regressões entre Log do Peso e Log do CP para ambos os sexos de *Rhamdioglanis transfasciatus*. Valores de p em negrito indicam relações significativas.

	Equação	$R^2$	p
Machos	Log Peso = 3,688816 + 0,402708 * (Log CP)	0,9831	< <b>0,05</b>
Fêmeas	Log Peso = 3,694026 + 0,397288 * (Log CP)	0,9522	< <b>0,05</b>



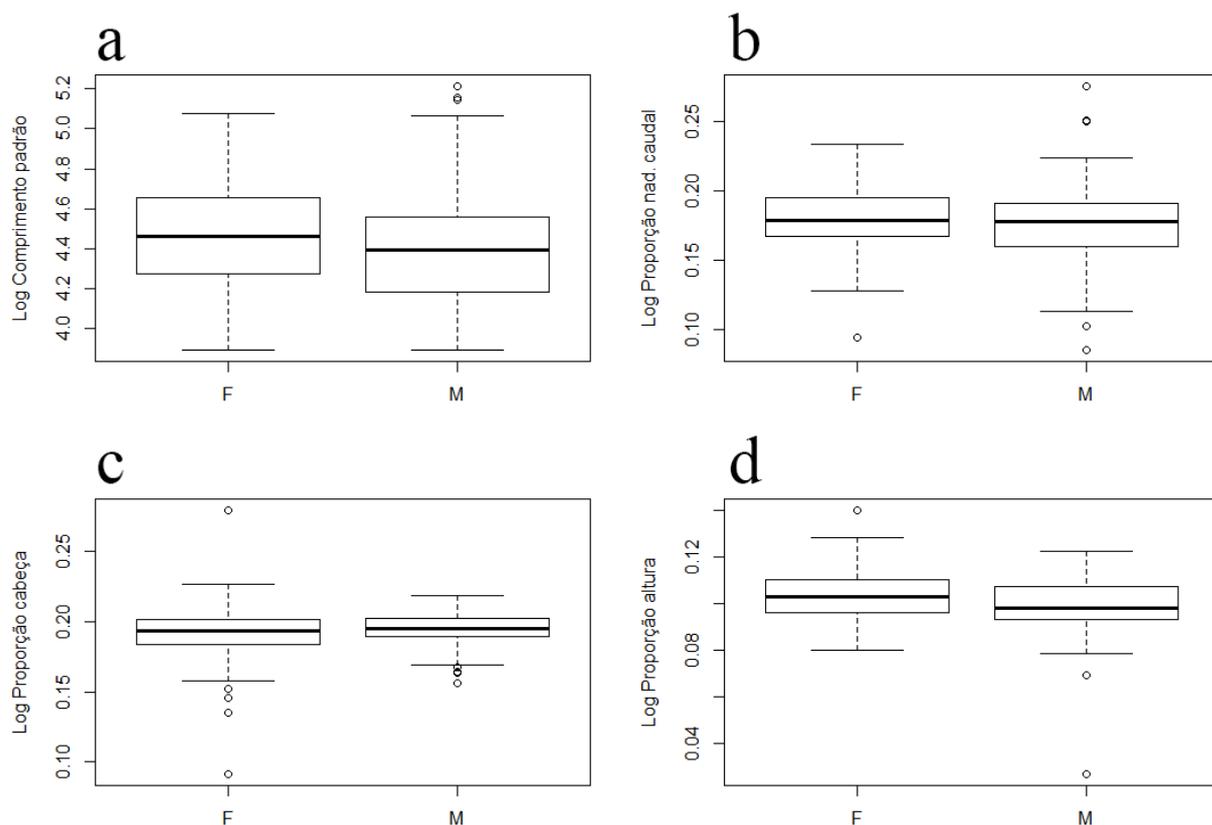
**Figura 9:** Relações alométricas de indivíduos (a) fêmeas ( $R^2 = 0,9522$ ) e (b) machos ( $R^2 = 0,9831$ ), de *Rhamdioglanis transfasciatus* em riachos na bacia do rio Guapiáçu.

Há dimorfismo sexual em tamanho corporal (CP) entre machos e fêmeas adultos (Figura 10a); os machos adultos são significativamente maiores que as fêmeas adultas (teste-T,  $t = -6,7234$ ;  $p < 0,05$ ). Há também dimorfismo sexual na proporção da nadadeira caudal em relação ao tamanho corporal entre machos e fêmeas adultos (Figura 10b); os machos adultos possuem nadadeiras caudais significativamente maiores em relação ao seu CP do que as fêmeas adultas (teste-T,  $t = -4,4658$ ;  $p < 0,05$ ). Não há evidência de dimorfismo sexual na proporção do comprimento da cabeça (CC) em relação ao tamanho corporal entre machos e fêmeas adultos (teste-T,  $t = 1,9582$ ;  $p = 0,05201$ ; Figura 10c). Por outro lado, há dimorfismo sexual na proporção da altura do corpo em relação ao tamanho corporal entre machos e fêmeas adultos (Figura 10d); com as fêmeas adultas possuindo o corpo significativamente mais alto em relação ao seu CP do que os machos adultos (teste-T,  $t = 3,5979$ ;  $p < 0,05$ ).



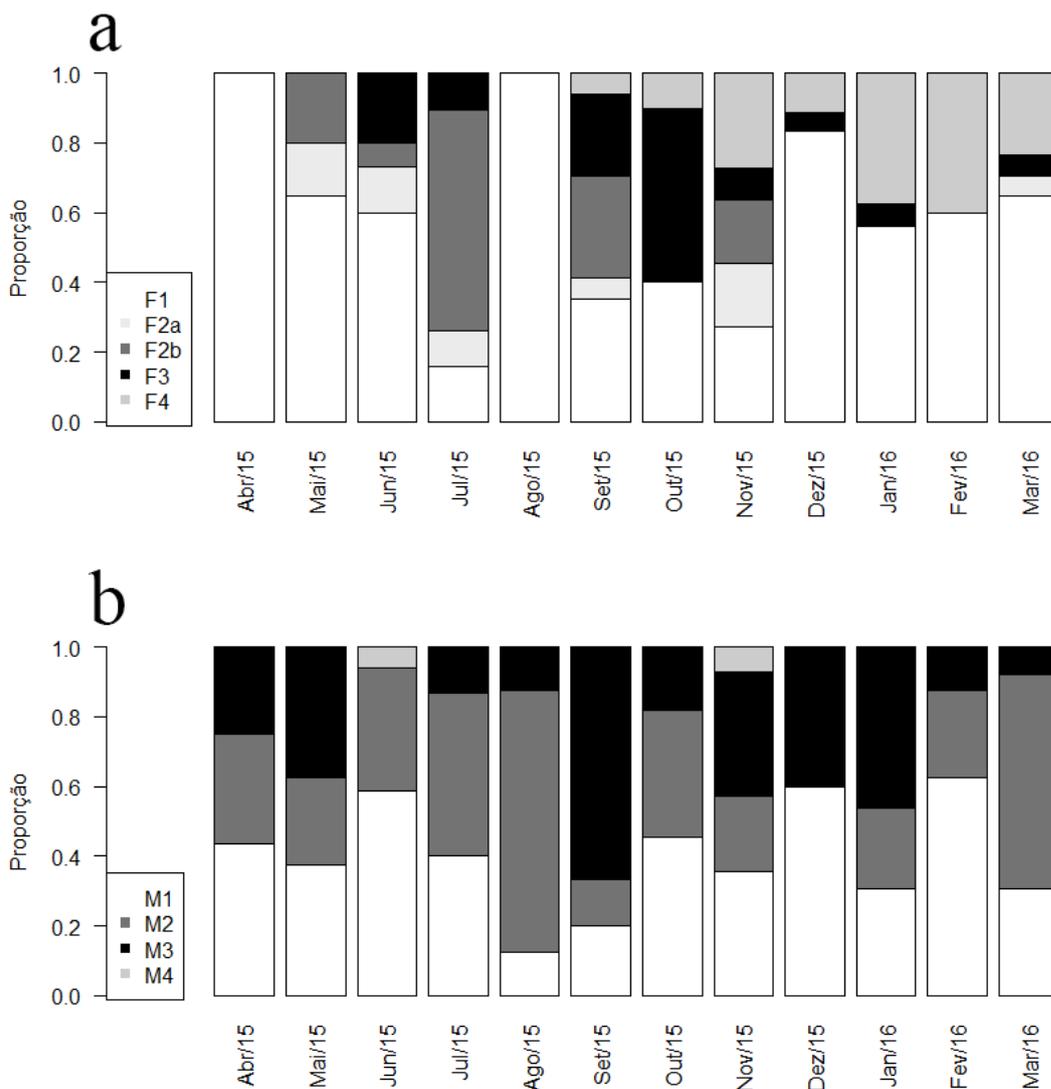
**Figura 10:** Evidências de dimorfismo sexual para adultos de *Rhamdioglanis transfasciatus* em (a) tamanho corporal, (b) proporção do tamanho da nadadeira caudal e (d) proporção da altura do corpo; não há evidência de dimorfismo sexual na proporção do tamanho da cabeça (c).

Não há evidência de dimorfismo sexual em tamanho corporal (teste-T,  $t = 0,786$ ;  $p = 0,433$ ; Figura 11a), nem na proporção da nadadeira caudal em relação ao CP (teste-T,  $t = 0,514$ ;  $p = 0,608$ ; Figura 11b) e muito menos na proporção do comprimento da cabeça em relação ao CP (teste-T,  $t = -0,333$ ;  $p = 0,739$ ; Figura 11c) entre machos e fêmeas juvenis. Por outro lado, há dimorfismo sexual na proporção da altura do corpo em relação ao tamanho corporal entre machos e fêmeas juvenis (Figura 11d); as fêmeas juvenis já possuem o corpo significativamente mais alto em relação ao seu CP do que os machos juvenis (teste-T,  $t = -6,723$ ;  $p < 0,05$ ).



**Figura 11:** Não há evidência de dimorfismo sexual para juvenis de *Rhamdioglanis transfasciatus* (a) em tamanho corporal, (b) na proporção do tamanho da nadadeira caudal e (c) na proporção do tamanho da cabeça; há evidência de dimorfismo sexual na proporção da altura do corpo (d).

Fêmeas imaturas (F1) foram capturadas durante todos os meses de estudo, porém em maior frequência nos meses de abril e agosto de 2015, nos quais constituíram o único estágio de maturação amostrado. Fêmeas em maturação inicial (F2a) e em maturação avançada (F2b) foram observadas a partir do mês de maio de 2016, e foram capturadas junto com fêmeas maduras (F3) em todos os meses de junho a novembro de 2015, exceto agosto. As primeiras fêmeas desovadas (F4) foram encontradas em setembro de 2015, pouco após a captura das primeiras fêmeas maduras, e continuaram a ser capturadas até o mês de março de 2016 (Figura 12a).



**Figura 12:** Frequência de estádios de maturação gonadal de (a) fêmeas e (b) machos de *Rhamdioglanis transfasciatus* ao longo de um ciclo anual em riachos da bacia do rio Guapiaçu (RJ).

Machos imaturos (M1) foram capturados em todos os meses de estudo, porém com maiores frequências em junho e dezembro de 2015 e fevereiro de 2016; a menor frequência de machos imaturos foi no mês de agosto de 2015. Machos em maturação (M2) foram amostrados em quase todos os meses de estudo, excetuando somente dezembro de 2015; a maior frequência de machos neste estágio foi no mês de agosto de 2015. Machos maduros (M3) também foram encontrados em quase todos os meses de estudo, excetuando somente junho de 2015. As maiores frequências somadas de machos em maturação e maduros (M2 + M3) ocorreram nos meses de agosto e setembro de 2015, coincidindo parcialmente com os meses em que fêmeas em maturação avançada e maduras (F2b + F3) tiveram suas maiores frequências somadas. As frequências somadas de machos em maturação e maduros (M2 + M3) foram próximas ou maiores que 50%

da população em quase todos os meses. Machos espermiados (M4) foram encontrados apenas nos meses de junho e novembro de 2015, em baixa frequência (Figura 12b).

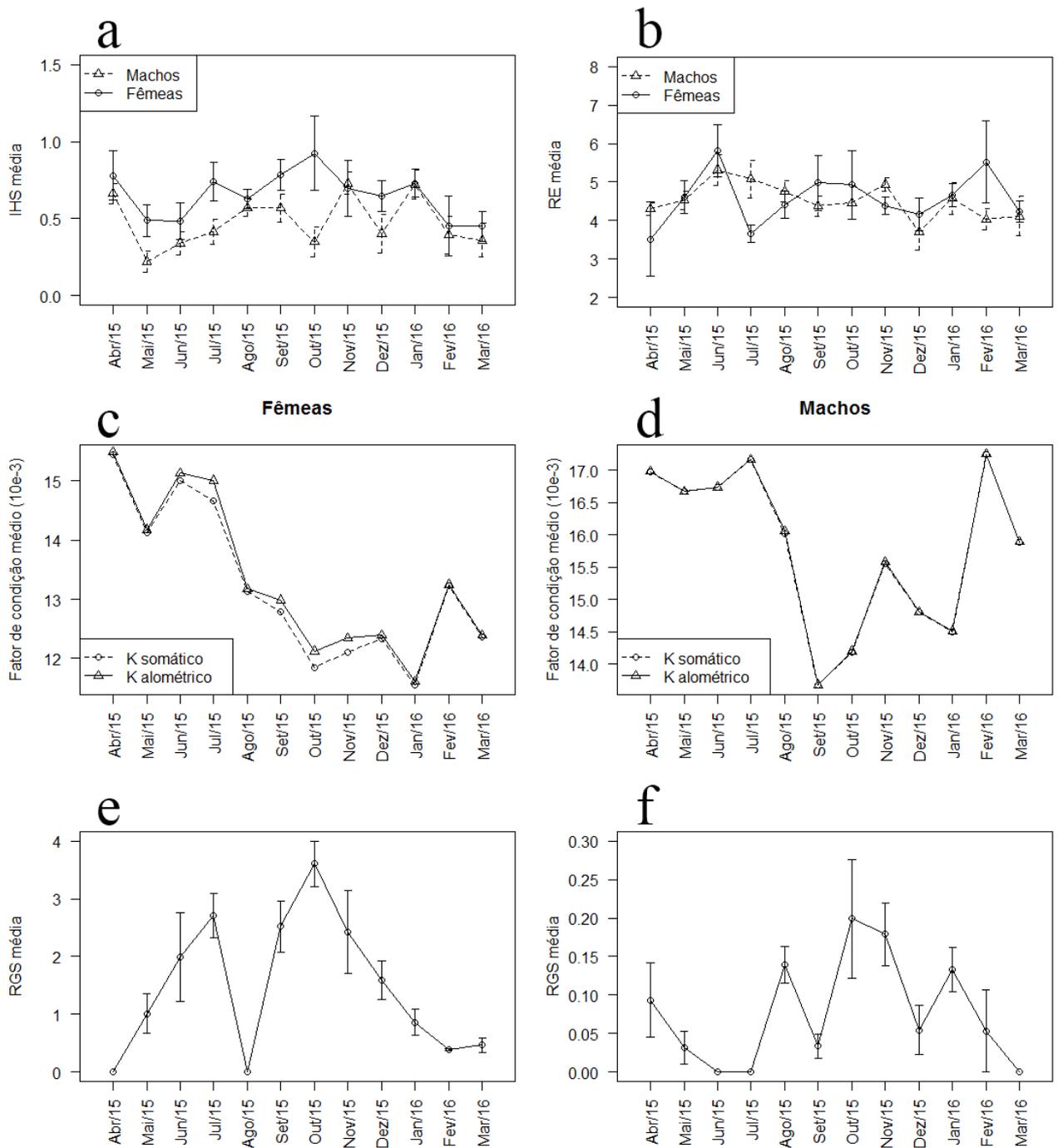
De maneira geral a variação do índice hepatossomático (IHS) de machos e fêmeas foi muito parecida ao longo do ciclo anual (Figura 13a), exceto em outubro de 2015, com um pico de IHS de fêmeas e uma queda no IHS de machos, e dezembro de 2015, com uma pequena queda no IHS médio de fêmeas, e uma queda mais acentuada no IHS médio de machos. A média de IHS mais baixa entre os machos foi de 0,22% e a mais alta de 0,72% do peso corporal; a média de IHS mais baixa entre as fêmeas foi de 0,45% e a mais alta de 0,92% do peso corporal.

A repleção estomacal (RE) de machos e fêmeas também variou de maneira muito parecida ao longo do ciclo anual (Figura 13b). A média de RE mais baixa entre os machos foi de 3,69% e a mais alta de 5,31% do peso corporal; a média de IHS mais baixa entre as fêmeas foi de 3,51% e a mais alta de 5,80% do peso corporal.

O fator de condição alométrico (Ka) e o fator de condição somático (Ks) de fêmeas variaram bastante ao longo do ano (Figura 13c). Ambos (Ka e Ks) tiveram um valor máximo de  $15,4 \times 10^{-3}$  em abril e um valor mínimo de  $11,5 \times 10^{-3}$  em janeiro de 2015. Também é possível perceber que os valores de Ka e Ks se separam durante os mesmos meses que encontramos as maiores proporções de fêmeas maduras (junho, julho, setembro, outubro e novembro de 2015).

O fator de condição alométrico (Ka) e o fator de condição somático (Ks) de machos também variaram bastante ao longo do ano (Figura 13d), porém em valores um pouco mais altos que os das fêmeas. Ambos (Ka e Ks) tiveram um valor mínimo de  $13,6 \times 10^{-3}$  em setembro de 2015 e um valor máximo de  $17,2 \times 10^{-3}$  em fevereiro de 2016. No caso dos machos não é possível perceber qualquer separação entre os valores de Ka e Ks durante todo o ciclo anual.

A diferença entre o menor e o maior valor de Ks nas fêmeas ( $\Delta Ks_{\text{♀}}$ ) foi de  $3,9 \times 10^{-3}$ , enquanto a mesma diferença nos machos ( $\Delta Ks_{\text{♂}}$ ) foi de  $3,6 \times 10^{-3}$ .



**Figura 13:** Variação dos índices biológicos de *Rhamdioglanis transfasciatus* entre abril/15 e março/16 em riachos da bacia do rio Guapiaçu (RJ). (a) variação do índice hepatossomático (IHS) médio de machos e fêmeas (b) variação da repleção estomacal (RE) média de machos e fêmeas; (c) variação do fator de condição alométrico (Ka) e somático (Ks) de fêmeas; (d) variação do fator de condição alométrico (Ka) e somático (Ks) de machos; (e) variação da relação gonadossomática (RGS) de fêmeas; (f) variação da relação gonadossomática (RGS) de machos. Pontos indicam a média e barras indicam média  $\pm$  erro padrão.

A relação gonadossomática (RGS) de fêmeas variou ao longo do ciclo anual (Figura 13e), com os menores valores nos meses mais próximos do verão ou nos quais só foram capturadas F1, tendo alcançado assim, os maiores valores nos meses mais próximos do inverno. O valor mínimo da média de RGS de fêmeas foi de zero% em abril e agosto de 2015 (meses com somente F1) e o valor máximo da média de RGS foi de 3,60% no mês de outubro de 2015. O maior valor de RGS de fêmeas atingido na população foi de 6,30% em novembro de 2015, por uma fêmea de 132 mm de CP.

A relação gonadossomática (RGS) de machos também variou ao longo do ciclo anual (Figura 13f), alcançando os maiores valores em meses próximos aos picos de RGS das fêmeas. O valor mínimo da média de RGS de machos foi de zero% em junho e julho de 2015 e março de 2016, e o valor máximo da média de RGS foi de 0,19% no mês de outubro de 2015. O maior valor de RGS atingido na população foi de 0,41%, também em outubro de 2015, por um macho de 144 mm de CP.

**Tabela 5:** Valores médios de CP (mm) e RGS (%) de fêmeas e machos reprodutivos de *Rhamdioglanis transfasciatus* ao longo de um ciclo anual em riachos da bacia do rio Guapiaçu (RJ).

	Média de CP (mm) ♀	Média de RGS (%) ♀	Média de CP (mm) ♂	Média de RGS (%) ♂
<b>abr/15</b>	*	*	158,22	0,09
<b>mai/15</b>	109,28	1,01	110,40	0,03
<b>jun/15</b>	115,00	1,99	133,28	0,00
<b>jul/15</b>	100,31	2,71	117,00	0,00
<b>ago/15</b>	*	*	146,17	0,13
<b>set/15</b>	104,55	2,51	128,83	0,03
<b>out/15</b>	108,67	3,60	162,00	0,19
<b>nov/15</b>	96,75	2,42	122,11	0,17
<b>dez/15</b>	125,67	1,58	133,25	0,05
<b>jan/16</b>	98,71	0,85	132,78	0,13
<b>fev/16</b>	126,00	0,38	116,67	0,05
<b>mar/16</b>	108,00	0,46	123,67	0,00

\* indica meses em que não foram capturados indivíduos maduros.

Foi observada variação no CP médio de exemplares reprodutivos de fêmeas ao longo do ciclo anual (Tabela 5). No início (jul/2015) e na metade (out/2015) do período reprodutivo de fêmeas, os CPs médios foram de 115,00 e 108,67 mm respectivamente, e corresponderam à classe de tamanho VI das mesmas. No final do período reprodutivo (nov/2015) delas, o CP médio foi de 96,75 mm e correspondeu à classe de tamanho V de fêmeas. Da mesma forma, foi observada variação no CP médio de exemplares

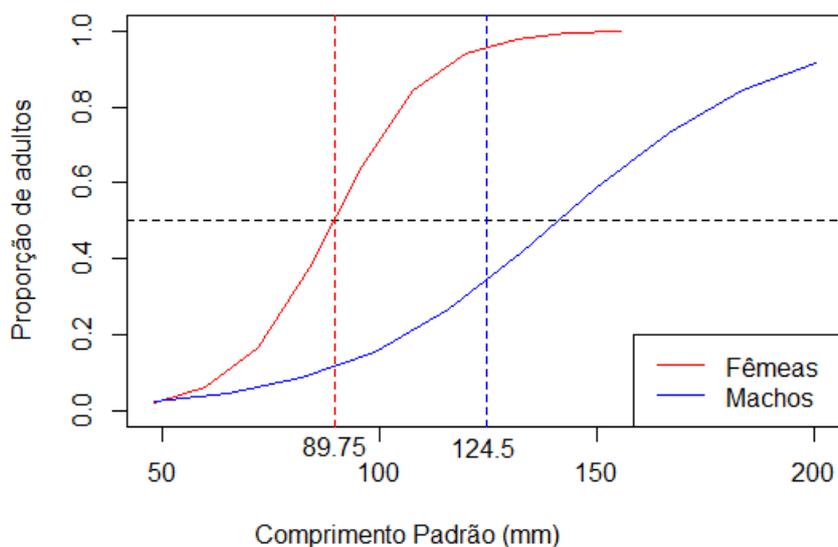
reprodutivos de machos ao longo do ciclo anual (Tabela 5). No início (ago/2015) e na metade (out/2015) do período reprodutivo de machos, os CPs médios foram de 146,17 e 162,00 mm respectivamente, e corresponderam às classes de tamanho VI e VII dos mesmos. No final do período reprodutivo (nov/2015) deles, o CP médio foi de 122,11 mm e correspondeu à classe de tamanho V de machos.

O tamanho de primeira maturação gonadal ( $L_{50}$ ) das fêmeas foi menor que o tamanho de primeira maturação gonadal de machos. Pelo menos 50% das fêmeas encontram-se maduras com cerca de 89,75 mm de CP, entre as classes de tamanho IV e V de fêmeas (Tabela 6). Os machos por outro lado, têm 50% dos indivíduos maduros com cerca de 124,5 mm de CP, entre as classes de tamanho V e VI de machos (Tabela 6).

O comprimento médio de primeira maturação ( $L_{50}$ ) das fêmeas foi estimado pelo modelo logístico como sendo igual ao CP previsto (89,75 mm), enquanto que o  $L_{50}$  dos machos foi superestimado pelo modelo, como um valor mais alto do que o previsto (> 124,5 mm). O modelo logístico das fêmeas atinge uma assíntota em que 100% das fêmeas encontram-se maduras por volta de 150 mm de CP (Figura 14). Por outro lado, o modelo logístico dos machos não atinge uma assíntota e cerca de 90% dos machos estão maduros por volta de 200 mm de CP (Figura 14).

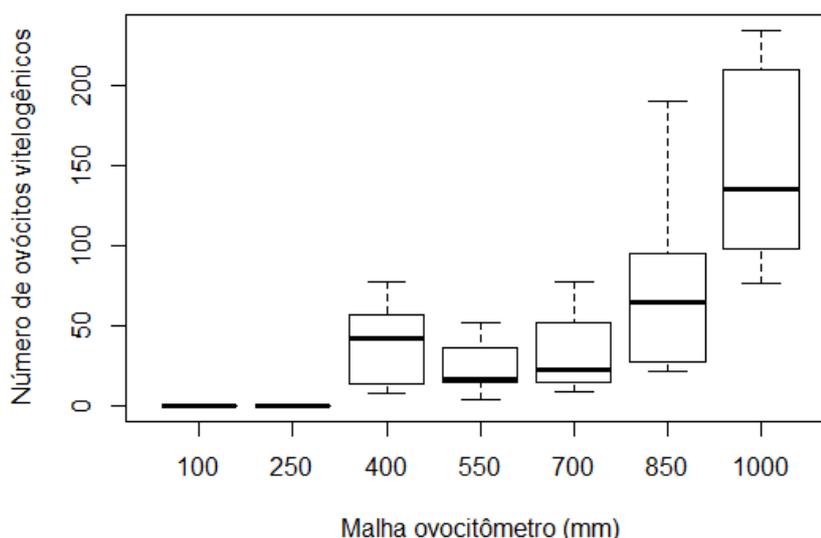
**Tabela 6:** Frequência de machos e fêmeas adultos de *Rhamdioglanis transfasciatus* nas diferentes classes de tamanho e limite inferior de CP de cada classe de tamanho para cada sexo. Valores em negrito indicam aqueles em que pelo menos 50% dos indivíduos machos e fêmeas já são sexualmente maduros.

Classe de tamanho	Limite inferior de CP (mm) na classe de tamanho de ♂	Frequência de ♂ adultos	Limite inferior de CP (mm) na classe de tamanho de ♀	Frequência de ♀ adultas
I	48,0	0,0000	48,00	0,0000
II	64,9	0,0000	59,93	0,0714
III	81,8	0,0333	71,86	0,0870
IV	98,7	0,2069	<b>83,79</b>	<b>0,4848</b>
V	<b>115,6</b>	<b>0,2500</b>	<b>95,72</b>	<b>0,7500</b>
VI	<b>132,5</b>	<b>0,6429</b>	107,65	0,7407
VII	149,4	0,6087	119,58	0,8889
VIII	166,3	0,7273	131,51	1,0000
IX	183,2	0,6000	143,44	1,0000
X	200,1	1,0000	155,37	1,0000



**Figura 14:** Representação de modelos logísticos da proporção de indivíduos maduros de machos e fêmeas de *Rhamdioglanis transfasciatus* por tamanho corporal (CP). Linhas tracejadas verticais indicam L<sub>50</sub> previsto para fêmeas (vermelha) e machos (azul).

A fecundidade média da espécie foi de 323 ovócitos vitelogênicos. O menor valor de fecundidade foi de 185 ovócitos vitelogênicos e o maior de 569. Os números médios de ovócitos vitelogênicos nas malhas de 1000µm, 850µm, 700µm, 550µm e 400µm foram de 148, 78, 34, 23 e 40 ovócitos respectivamente (figura 15). As malhas de 250µm e 100µm não apresentaram ovócitos vitelogênicos. A fecundidade relativa ao CP média foi de 2,69 ovócitos por milímetro de CP; a menor fecundidade relativa ao CP foi de 1,7 ovócitos por milímetro de CP e a maior foi de 3,95 ovócitos por milímetro de CP. A fecundidade relativa ao peso média foi de 23,84 ovócitos por grama de peso; a menor fecundidade relativa ao peso foi de 11,32 ovócitos por grama de peso e a maior foi de 46,85 ovócitos por grama de peso.



**Figura 15:** Número médio de ovócitos vitelogênicos de fêmeas maduras de *Rhamdioglanis transfasciatus*, por malha do ovocitômetro (classe de tamanho dos ovócitos).

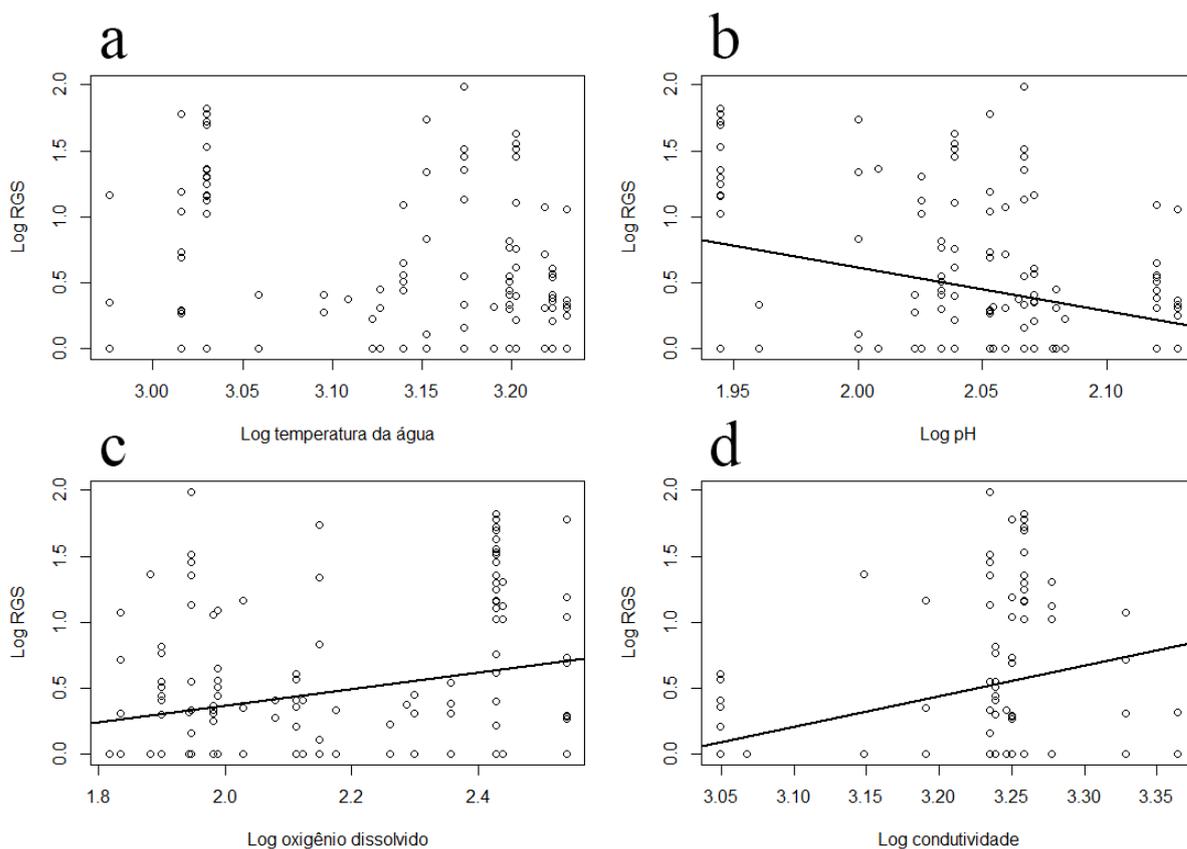
Há evidências de que a espécie possui reprodução assincrônica, com segregação no amadurecimento dos indivíduos de diferentes classes de tamanho (Tabela 5; Figura 13e), porém possui o amadurecimento dos ovócitos sincrônico (Figura 15), assim, cada fêmea individualmente desova um único lote de ovócitos, mas a população permanece reprodutiva pelo menos de julho a novembro.

O Log da RGS de fêmeas não foi significativamente correlacionado com o Log da temperatura da água (Tabela 7; Figura 16a), porém foi negativamente correlacionado com o Log do pH ( $R = -0,2869$ ;  $p < 0,05$ ; Tabela 7; Figura 16b) e positivamente correlacionado com o Log do oxigênio dissolvido ( $R = 0,2603$ ;  $p < 0,05$ ; Tabela 7; Figura 16c) e com o Log da condutividade ( $R = 0,3169$ ;  $p < 0,05$ ; Tabela 7; Figura 16d).

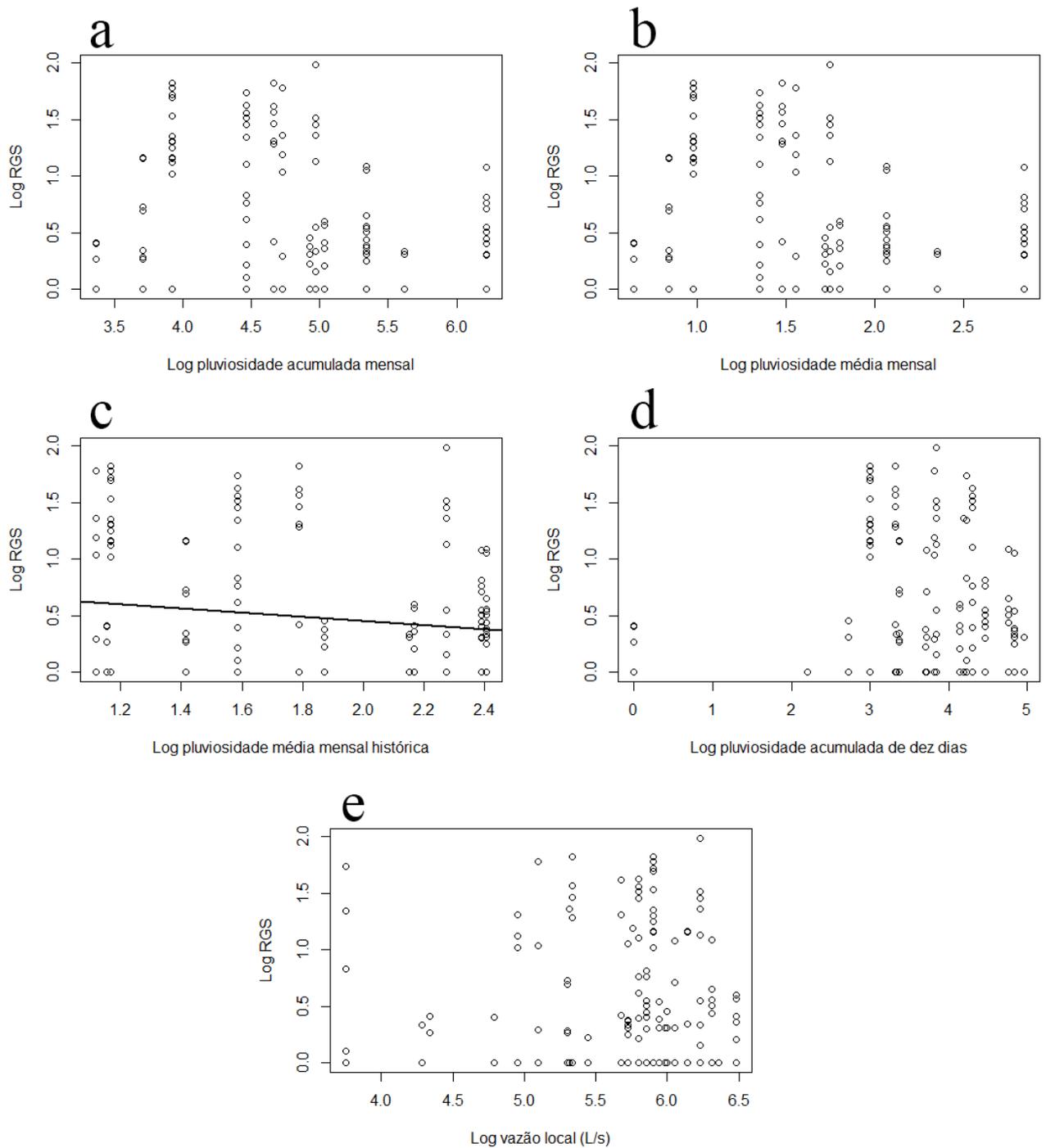
O Log da relação gonadossomática (RGS) de fêmeas não foi significativamente correlacionado com o Log da pluviosidade acumulada mensal (Tabela 7; Figura 17a), nem com o Log da pluviosidade média mensal (Tabela 7; Figura 17b), nem com o Log da pluviosidade acumulada em dez dias (Tabela 7; Figura 17d) e nem com o Log da vazão local no ponto de coleta (Tabela 7; Figura 17e). Porém, foi negativamente correlacionado com o Log da pluviosidade mensal histórica ( $R = -0,1583$ ;  $p < 0,05$ ; Tabela 7; Figura 17c).

**Tabela 7:** Correlações entre o Log da relação gonadossomática de fêmeas de *Rhamdioglanis transfasciatus* com dados pluviométricos, fluviométricos e abióticos de riachos da bacia do rio Guapiaçu (RJ). Valores de p em negrito indicam relações significativas.

Modelo	t	R	p	Figura
Log RGS ~ Log temperatura da água	-0,7566	-0,0620	0,4505	Fig 16a
Log RGS ~ Log pH	-3,6448	-0,2869	< <b>0,05</b>	Fig 16b
Log RGS ~ Log oxigênio dissolvido	3,2807	0,2603	< <b>0,05</b>	Fig 16c
Log RSG ~ Log Condutividade	3,3589	0,3169	< <b>0,05</b>	Fig 16d
Log RGS ~ Log Pluviosidade acumulada mensal	-16,727	-0,1319	0,0963	Fig 17a
Log RGS ~ Log Pluviosidade média mensal	-18,493	-0,1455	0,0662	Fig 17b
Log RGS ~ Log Pluviosidade mensal histórica	-20,152	-0,1583	< <b>0,05</b>	Fig 17c
Log RGS ~ Log Pluviosidade acumulada de dez dias	-0,1865	-0,0148	0,8523	Fig 17d
Log RGS ~ Log Vazão local	-0,5480	-0,0435	0,5844	Fig 17e



**Figura 16:** Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de fêmeas de *Rhamdioglanis transfasciatus* com (a) Log da temperatura da água; (b), com o Log do pH (c) Log do oxigênio dissolvido; (d) e com o Log da condutividade.



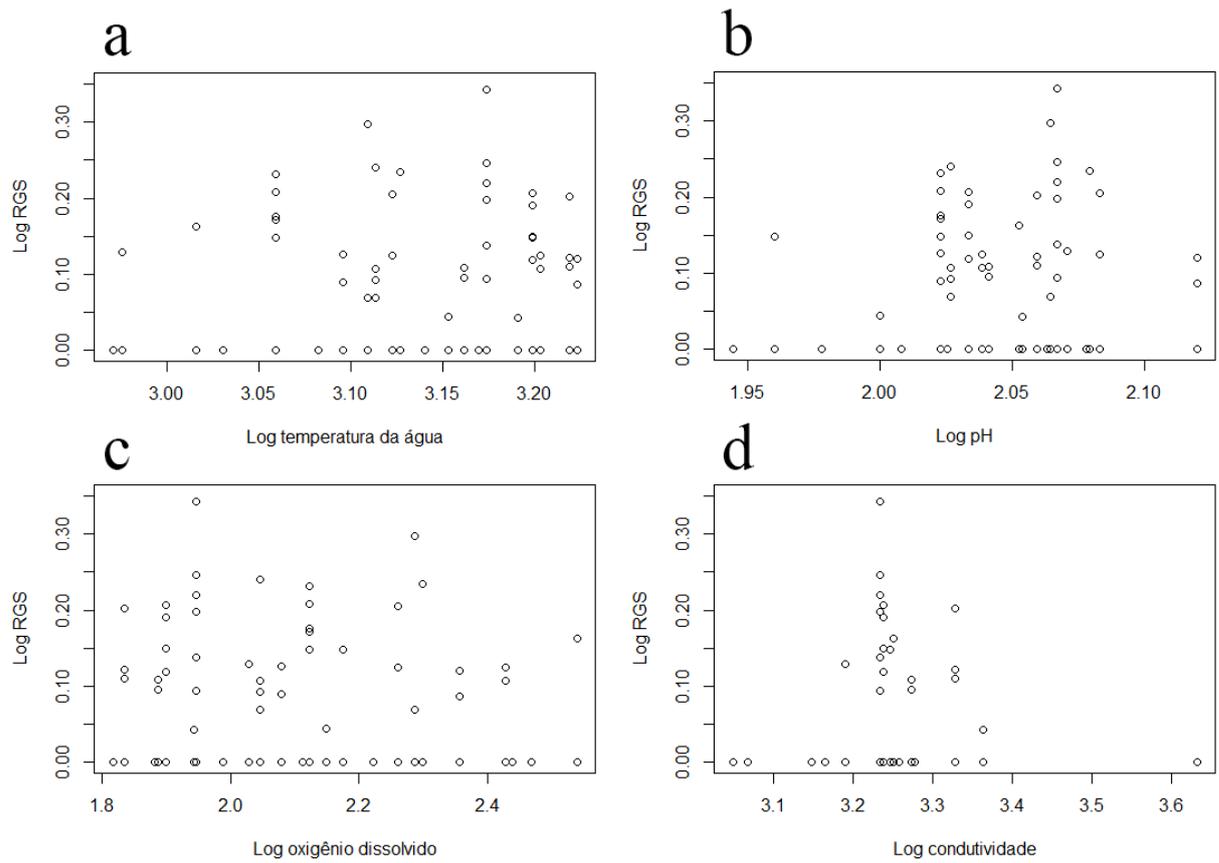
**Figura 17:** Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de fêmeas de *Rhamdioglanis transfasciatus* com (a) o Log da pluviosidade acumulada mensal; (b) com o Log da pluviosidade média mensal; (c), com o Log da pluviosidade média mensal histórica; (d) com o Log da pluviosidade acumulada em dez dias (e) com o Log da vazão local no ponto de coleta.

O Log da RGS de fêmeas não foi significativamente correlacionado com o Log da temperatura da água (Tabela 8; Figura 18a), com o Log do pH (Tabela 8; Figura 18b), com o Log do oxigênio dissolvido (Tabela 8; Figura 18c) e nem com o Log da condutividade (Tabela 8; Figura 18d).

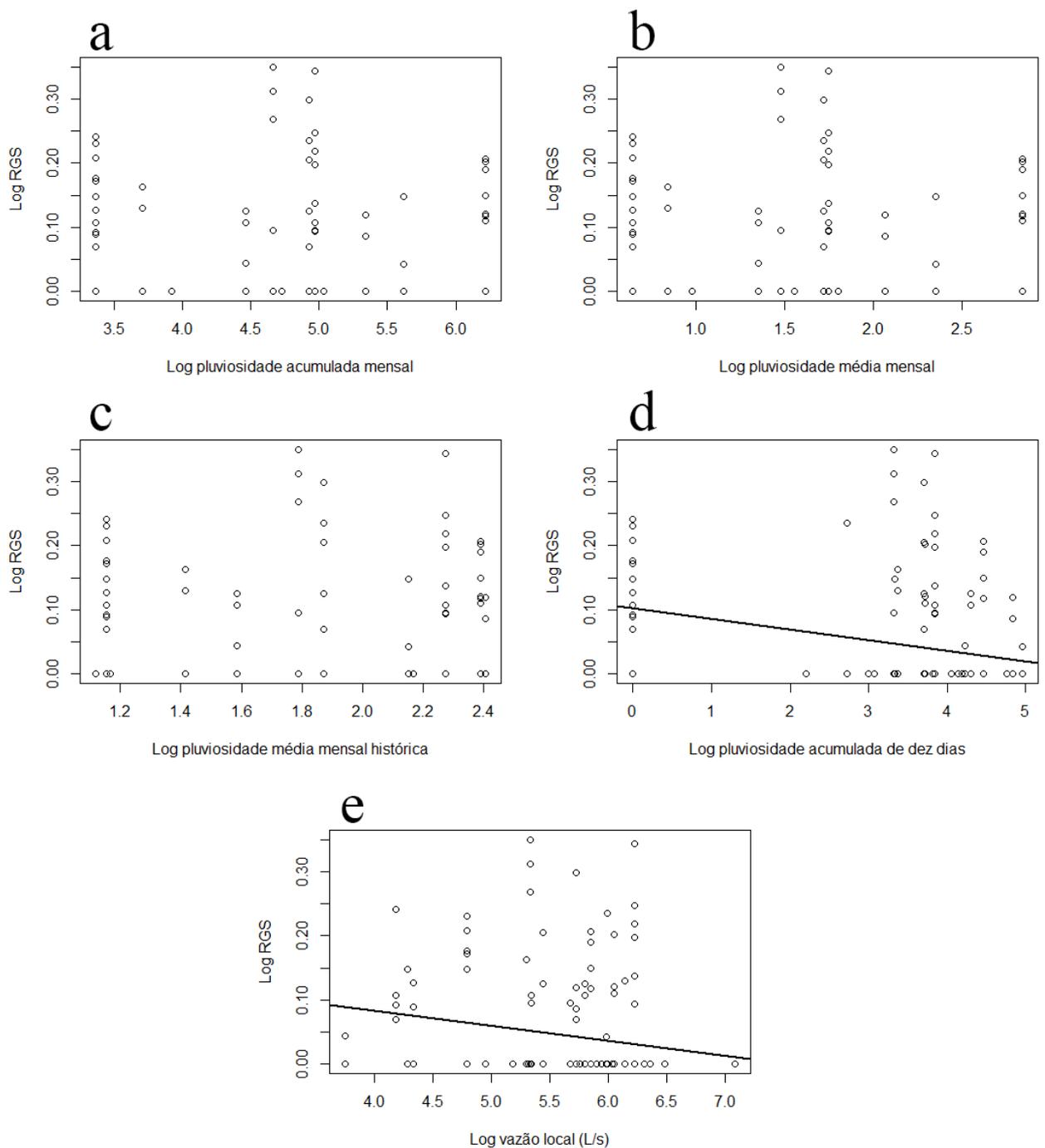
O Log da relação gonadossomática (RGS) de machos não foi significativamente correlacionado com o Log da pluviosidade acumulada mensal (Tabela 8; Figura 19a), com o Log da pluviosidade média mensal (Tabela 8; Figura 19b) e nem com o Log da pluviosidade mensal histórica (Tabela 8; Figura 19c). Porém o mesmo foi significativamente e negativamente correlacionado com o Log da pluviosidade acumulada em dez dias ( $R = -0,2513$ ;  $p < 0,05$ ; Tabela 8; Figura 19d) e com o Log da vazão local no ponto de coleta ( $R = -0,1772$ ;  $p < 0,05$ ; Tabela 8; Figura 19e).

**Tabela 8:** Modelos de correlações entre o Log da relação gonadossomática de machos de *Rhamdioglanis transfasciatus* com dados pluviométricos, fluviométricos e abióticos de riachos da bacia do rio Guapiaçu (RJ). Valores de p em negrito indicam relações significativas.

Modelo	t	R	p	Figura
Log RGS ~ Log temperatura da água	1,5518	0,1256	0,1228	Fig 18a
Log RGS ~ Log pH	0,4520	0,0368	0,6519	Fig 18b
Log RGS ~ Log oxigênio dissolvido	-1,5985	-0,1294	0,1120	Fig 18c
Log RSG ~ Log Condutividade	-0,1213	-0,0125	0,9037	Fig 18d
Log RGS ~ Log Pluviosidade acumulada mensal	0,2425	0,0191	0,8087	Fig 19a
Log RGS ~ Log Pluviosidade média mensal	0,4189	0,0330	0,6758	Fig 19b
Log RGS ~ Log Pluviosidade mensal histórica	16,191	0,1265	0,1074	Fig 19c
Log RGS ~ Log Pluviosidade acumulada de dez dias	-32,948	-0,2513	< <b>0,05</b>	Fig 19d
Log RGS ~ Log Vazão local (L/s)	-22,847	-0,1772	< <b>0,05</b>	Fig 19e

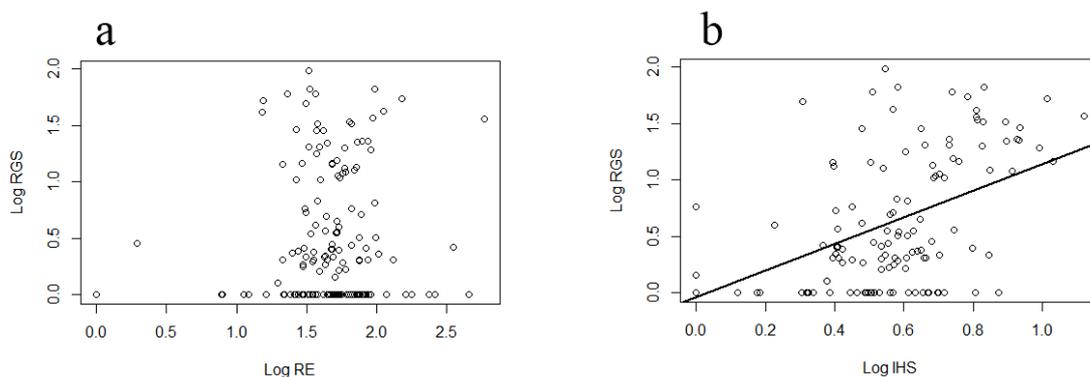


**Figura 18:** Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de machos de *Rhamdioglanis transfasciatus* com (a) o Log da temperatura da água, (b) o Log do pH, (c) o Log do oxigênio dissolvido e (d) o Log da condutividade. Não há correlação entre as variáveis.



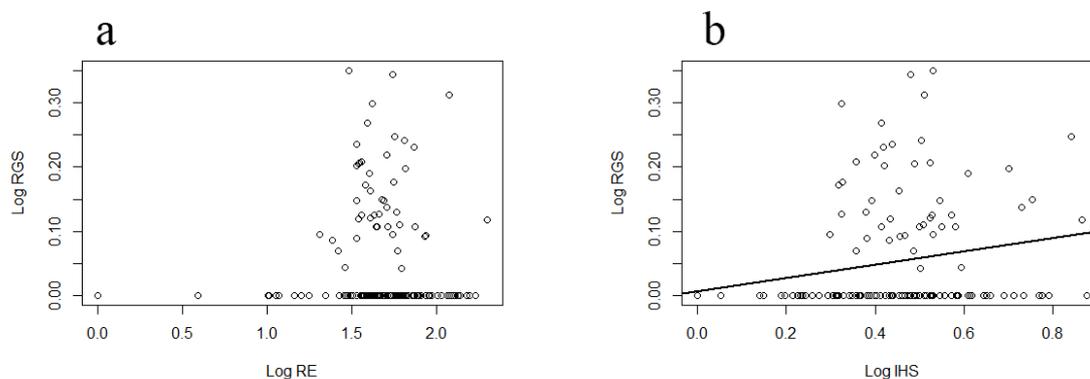
**Figura 19:** Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de machos de *Rhamdioglanis transfasciatus* com o (a) Log da pluviosidade acumulada mensal, (b) o Log da pluviosidade média mensal, (c) o Log da pluviosidade média mensal histórica, (d) o Log da pluviosidade acumulada em dez dias e (e) o Log da vazão local no ponto de coleta.

O Log da relação gonadossomática (RGS) de fêmeas não se correlacionou ( $R = 0,1058$ ;  $p = 0,1826$ ; Figura 20a) com o Log da repleção estomacal (RE). Porém o mesmo foi positivamente correlacionado ( $R = 0,6196$ ;  $p < 0,05$ ; Figura 20b) com o Log do índice hepatossomático (IHS).



**Figura 20:** Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de fêmeas de *Rhamdioglanis transfasciatus* com (a) o Log da Repleção estomacal e (b) o Log do índice hepatossomático (IHS).

O Log da relação gonadossomática (RGS) de machos não se correlacionou significativamente ( $R = -0,0114$ ;  $p = 0,8854$ ; Figura 21a) com o Log da repleção estomacal (RE). Porém o mesmo se correlacionou positivamente ( $R = 0,2952$ ;  $p < 0,05$ ; Figura 21b) com o Log do índice hepatossomático (IHS).



**Figura 21:** Correlações entre o Log da relação gonadossomática (RGS) de machos de *Rhamdioglanis transfasciatus* com (a) o Log da Repleção estomacal e (b) o Log do índice hepatossomático (IHS).

A fecundidade média de fêmeas maduras foi positivamente correlacionada com o comprimento padrão ( $Rho = 0,8267$ ;  $p < 0,05$ ; Tabela 9; Figura 22a). O número médio de ovócitos vitelogênicos nas malhas de  $1000\mu\text{m}$  ( $Rho = 0,7598$ ;  $p < 0,05$ ; Tabela 9; Figura 22a) e de  $850\mu\text{m}$  ( $Rho = 0,7477$ ;  $p < 0,05$ ; Tabela 9; Figura 22a) foram positivamente correlacionados com o CP. O número médio de ovócitos vitelogênicos

nas malhas de 700 $\mu$ m (Rho = 0,3708; p = 0,2915; Tabela 9), de 550 $\mu$ m (Rho = 0,2134; p = 0,5538; Tabela 9) e de 400 $\mu$ m (Rho = -0,2073; p = 0,5655; Tabela 9) não se correlacionaram com o CP das fêmeas.

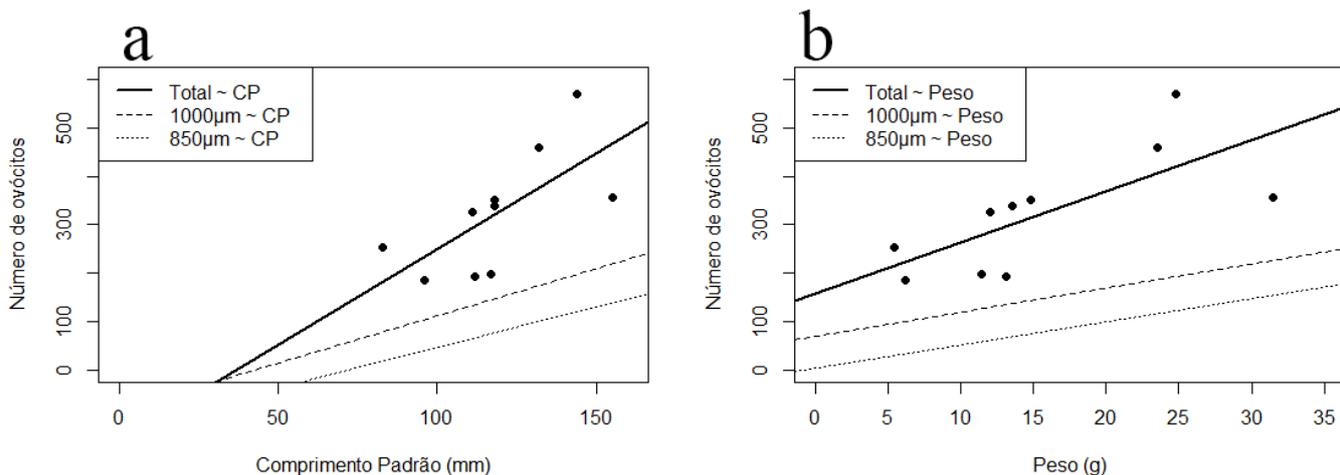
**Tabela 9:** Correlações entre fecundidade média e número de ovócitos vitelogênicos em diferentes classes de tamanho pelo comprimento padrão (CP) de fêmeas maduras de *Rhamdioglanis transfasciatus*. Valores de p em negrito indicam relações significativas.

Modelo	S	Rho	p
Número total de ovócitos vitelogênicos ~ CP	28,586	0,8267	< <b>0,05</b>
Ovócitos vitelogênicos malha 1000 $\mu$ m ~ CP	39,619	0,7598	< <b>0,05</b>
Ovócitos vitelogênicos malha 850 $\mu$ m ~ CP	41,626	0,7477	< <b>0,05</b>
Ovócitos vitelogênicos malha 700 $\mu$ m ~ CP	103,81	0,3708	0,2915
Ovócitos vitelogênicos malha 550 $\mu$ m ~ CP	129,79	0,2134	0,5538
Ovócitos vitelogênicos malha 400 $\mu$ m ~ CP	199,21	-0,2073	0,5655

A fecundidade média de fêmeas maduras foi positivamente correlacionada com o peso corporal (Rho = 0,8424; p < 0,05; Tabela 10; Figura 22b). O número médio de ovócitos vitelogênicos nas malhas de 1000 $\mu$ m (Rho = 0,8303; p < 0,05; Tabela 10; Figura 22b) e de 850 $\mu$ m (Rho = 0,7454; p < 0,05; Tabela 10; Figura 22b) foram positivamente correlacionados com o peso. O número médio de ovócitos vitelogênicos nas malhas de 700 $\mu$ m (Rho = 0,3333; p = 0,3488; Tabela 10), 550 $\mu$ m (Rho = 0,1094; p = 0,7635; Tabela 10) e de 400 $\mu$ m (Rho = -0,1884; p = 0,6021; Tabela 10) não se correlacionaram com o peso das fêmeas.

**Tabela 10:** Correlações entre fecundidade média e número de ovócitos vitelogênicos em diferentes classes de tamanho pelo peso corporal de fêmeas maduras de *Rhamdioglanis transfasciatus*. Valores de p em negrito indicam relações significativas.

Modelo	S	Rho	p
Número total de ovócitos vitelogênicos ~ Peso	26,00	0,8424	< <b>0,05</b>
Ovócitos vitelogênicos malha 1000 $\mu$ m ~ Peso	28,00	0,8303	< <b>0,05</b>
Ovócitos vitelogênicos malha 850 $\mu$ m ~ Peso	42,00	0,7454	< <b>0,05</b>
Ovócitos vitelogênicos malha 700 $\mu$ m ~ Peso	110,00	0,3333	0,3488
Ovócitos vitelogênicos malha 550 $\mu$ m ~ Peso	146,95	0,1094	0,7635
Ovócitos vitelogênicos malha 400 $\mu$ m ~ Peso	196,09	-0,1884	0,6021



**Figura 22:** Correlações entre fecundidade média e número de ovócitos vitelogênicos nas malhas de 1000  $\mu\text{m}$  e 850  $\mu\text{m}$  (a) pelo comprimento padrão e (b) pelo peso de fêmeas maduras de *Rhamdioglanis transfasciatus*.

## Discussão

A distribuição de peixes nas diferentes classes de tamanho mostra como varia a estrutura da população ao longo de um ciclo anual. A maior parcela da população é formada por indivíduos das classes de tamanho intermediárias, porém indivíduos maiores de *Rhamdioglanis transfasciatus* só foram capturados nos meses correspondentes às estações outono e inverno. Indivíduos das menores classes de tamanho (classes I e II) por outro lado, foram capturados ao longo de todo o ciclo anual, porém em maiores frequências nos meses referentes às estações primavera e verão. Alkins-Koo (2000), estudando seis espécies de peixes de riacho, verificou que indivíduos das menores classes de tamanho são mais frequentes na população após o período reprodutivo de cada uma delas.

O crescimento de *R. transfasciatus* foi diferenciado entre os sexos. Apesar das curvas de crescimento de machos e fêmeas serem muito parecidas, o valor de  $b$  da relação peso-comprimento tanto de machos ( $b = 2,749$ ), quanto de fêmeas ( $b = 2,818$ ) foram diferentes e indicaram crescimento alométrico negativo para ambos os sexos. Além disso, os machos alcançaram tamanhos maiores que as fêmeas. Padrões de crescimento similares foram encontrados para outras três espécies de bagres da família Heptapteridae, uma delas o congêner *R. frenatus* (Duboc, 2003). O autor (Duboc, 2003) modelou os crescimentos de bagres heptapterídeos e verificou que os indivíduos possuem crescimento muito acelerado no primeiro ano de vida, acompanhado de altas

taxas de mortalidade e baixa longevidade, o que parece ser compatível com as limitações ambientais enfrentadas em riachos de Mata Atlântica.

Diferenças em tamanho e proporções (*i.e.* dimorfismo sexual) são comuns e bastante relatadas em peixes ósseos (*e.g.* Winemiller, 1987; Alkins-Koo, 2000; Brito *et al.*, 2016). Verificamos dimorfismo sexual em *R. transfasciatus* com machos maiores e com nadadeira caudal maior. Diferenças em tamanho e crescimento de machos e fêmeas podem estar relacionados à seleção sexual ou à seleção por fecundidade (Shine, 1989). Enquanto a seleção por fecundidade geraria fêmeas maiores (maior tamanho corporal levando a maior fecundidade), a seleção sexual normalmente gera machos maiores (Shine, 1989; Parker, 1992). As causas ecológicas da seleção de um maior tamanho corporal em machos podem estar relacionadas a comportamentos de luta/busca por parceiros (Shine, 1989), apesar de também ser plausível que isso melhore as chances de proteção da prole por parte dos machos (*e.g.* Winemiller, 1987). Porém ainda não se sabe se *R. transfasciatus* possui qualquer tipo de comportamento de corte, luta e escolha de parceiros ou cuidado parental.

As diferenças no tamanho da nadadeira caudal entre os sexos se deve ao fato de os machos terem o lobo superior da mesma aumentado em relação ao seu lobo inferior; nas fêmeas os lobos inferior e superior são quase do mesmo tamanho (T. Barros, observação pessoal). Tais diferenças em tamanho do corpo e tamanho da nadadeira caudal só se tornam aparentes em indivíduos adultos, já que as mesmas não são encontradas nos indivíduos jovens. A altura do corpo por outro lado foi maior em fêmeas do que em machos, tanto em jovens como em adultos. Mesmo nos indivíduos imaturos, os ovários já ocupam um espaço consideravelmente maior do que os testículos dentro da cavidade corporal; nas fêmeas adultas, essa cavidade será responsável por acomodar os ovários em crescimento, o que pode ser favorecido pela maior altura do corpo nas fêmeas de *R. transfasciatus*.

O crescimento das gônadas implica em um aumento da RGS (Vazzoler, 1996). Fêmeas tiveram dois picos de RGS, nos meses de julho e outubro de 2015; o maior pico de RGS de machos foi no mês de outubro de 2015, coincidindo com um dos picos das fêmeas. As proporções de indivíduos maduros de ambos os sexos (F2a, F2b, F3, F4, M2, M3 e M4) coincidiram com os meses de maiores valores de RGS, indicando um período reprodutivo longo (aproximadamente de junho a novembro), que começa nos meses de menor pluviosidade e segue decrescendo até os meses de maior pluviosidade. Outras espécies de riacho também seguem esse padrão [como em Duboc (2003),

Amaral *et al* (1999) e Mazzoni *et al* (2002)]. É comum que peixes de riachos, suscetíveis a fortes instabilidades ambientais, desenvolvam estratégias reprodutivas diferenciadas para aumentar a sobrevivência da prole (*e.g.* Menezes & Caramaschi, 1994; Amaral *et al.*, 1999; Mazzoni *et al.*, 2002). Em pequenos riachos da Serra do Mar (onde *R. transfasciatus* são encontrados), cabeças d'água (*i.e.* rápido aumento na descarga fluvial) nos meses mais chuvosos podem ser fatais para a prole, desta forma é comum que espécies destes ambientes desenvolvam sua reprodução em períodos secos (Winemiller, 2008) ou mesmo períodos reprodutivos mais longos, como observado para o congênere *R. frenatus* (Duboc, 2003) e para o também Heptapteridae *Pimelodella pappenheimi* (Amaral, 2002). Além disso, existem indícios de que os indivíduos maiores (*i.e.* mais velhos e que já passaram por algum período reprodutivo anterior) amadureçam mais rápido, no início do período reprodutivo, enquanto que indivíduos menores (*i.e.* mais jovens e que possivelmente estão em seu primeiro período reprodutivo) amadureçam mais tardiamente em relação ao restante da população. Isso provavelmente se deve ao fato de que fêmeas maiores já conseguem produzir uma prole grande e assim o fazem logo no início do período reprodutivo quando as condições começam a ficar favoráveis (Hughes, 1985). Fêmeas menores por outro lado, esperam o máximo, atrasando sua reprodução para o final do período reprodutivo, para produzir uma prole maior do que o fariam em tamanhos menores (Hughes, 1985). Essa explicação parece plausível para o que acontece com *R. transfasciatus*.

Diferenças entre os fatores de condição alométrico ( $K_a$ ) e somático ( $K_s$ ) das fêmeas se tornaram mais aparentes nos meses de maior atividade reprodutiva. Isso sucede porque a diferença entre o fator de condição com o peso total do peixe ( $K_a$ ) e o fator de condição com o peso-menos-gônadas ( $K_s$ ) indica o período em que as necessidades energéticas dos compartimentos somático e reprodutivo mudam (Le Cren, 1951). Além disso, quedas no fator de condição (alométrico e somático) de machos e fêmeas também puderam ser observados durante os meses em que a espécie encontra-se reprodutivamente ativa; tal diminuição pode estar relacionada à alocação energética de compartimentos somáticos para as gônadas em desenvolvimento (Santos *et al.*, 2010). As diferenças de crescimento entre os sexos podem levar a uma alocação energética também diferenciada entre eles; Apesar da diferença parecer relativamente pequena, o maior valor de  $\Delta K_{s♀}$  (fêmeas) em relação ao  $\Delta K_{s♂}$  (machos) é um indicativo de que a alocação energética necessária para o amadurecimento dos ovários é maior em comparação com a necessária para o amadurecimento dos testículos.

Tanto o crescimento quanto o investimento nos órgãos reprodutivos são diferenciados entre machos e fêmeas de *R. transfasciatus*; da mesma forma, também o tamanho em que se inicia a reprodução ( $L_{50}$ ) foi diferente entre eles. O  $L_{50}$  de fêmeas foi consideravelmente menor do que o  $L_{50}$  de machos. Esta diferença pode estar associada às taxas de crescimento e na alocação energética entre os sexos (Santos *et al.*, 2010). Tal resultado indica que 50% das fêmeas da população já se encontram completamente desenvolvidas e com ovócitos viáveis, em tamanhos menores que os machos, com capacidade de ter seus ovócitos fecundados pelos machos maiores nascidos em anos anteriores.

O número de ovócitos que a espécie pode atingir (*i.e.* fecundidade) é muito baixo quando comparado a outras espécies de tamanho parecido, como *Hoplosternum litoralle*, com até 4.449 ovócitos (Winemiller, 1987) e *Pimelodus maculatus*, podendo chegar a mais de 62.000 ovócitos (Paschoalini, 2013). Porém, quando comparado com uma espécie mais próxima filogeneticamente e que ocupa ambientes parecidos, as diferenças não são tão notáveis; média de 319 (173-504) ovócitos em *Taunayia bifasciata* (Rondineli *et al.*, 2011) *versus* média de 323 (185-569) ovócitos em *R. transfasciatus* neste trabalho. *R. transfasciatus* possui ovócitos vitelogênicos em números expressivos em pelo menos duas classes de tamanho de ovócitos (malhas de 1000 e 850 $\mu$ m). Com os resultados gerados nesse trabalho, não há como afirmar o tipo de desova da espécie. Lâminas histológicas dos ovários de fêmeas maduras da espécie sugerem que o amadurecimento dos ovócitos na gônada ocorre de maneira sincrônica (T. Barros, dados não publicados). Um único evento de desova pode diminuir consideravelmente a sobrevivência da prole (Dahlberg, 1979). Sendo assim, duas possíveis estratégias a serem adotadas por peixes em ambientes de condições variáveis são a desova parcelada (Rondineli *et al.*, 2011) ou uma atividade reprodutiva assincrônica em um período reprodutivo longo (Menezes & Caramaschi, 1994; Amaral *et al.*, 1999; Mazzoni *et al.*, 2002), ambas ajudam a aumentar a sobrevivência da prole em ambientes variáveis tanto em escala local (*i.e.* condições abióticas no riacho) quanto em escalas temporal e espacial maiores (*i.e.* pluviosidade na região e vazão no riacho).

O aumento do RGS de fêmeas de *R. transfasciatus* respondeu significativamente tanto a fatores de maior escala (*e.g.* pluviosidade média histórica), quanto às condições abióticas locais (*e.g.* pH, oxigênio dissolvido e condutividade). Nos machos por outro lado, o aumento do RGS respondeu significativamente somente a fatores de maior escala (*e.g.* pluviosidade acumulada em dez dias e vazão local). Condições abióticas

locais como temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido e condutividade, podem ser correlacionados entre si e também com fatores de maior escala como a pluviosidade, e em última instância estão relacionados à estação do ano. Uma vez que a atividade reprodutiva das fêmeas responde melhor à pluviosidade histórica e não à pluviosidade do ano de estudo, é possível que o gatilho para reprodução nas mesmas esteja relacionado a fatores mais previsíveis, ligados à estação do ano, como o fotoperíodo. Vlaming (1972) em revisão sobre o controle dos ciclos reprodutivos em teleósteos, verificou que o fotoperíodo é um dos fatores exógenos mais importantes para a determinação do período reprodutivo; porém também verificou que o mesmo pode ser superestimado, pois os efeitos dos fatores exógenos variam com as estações (Vlaming, 1972). No caso dos machos, o gatilho para a reprodução pode ser diferente, e uma vez que as condições se tornam favoráveis, os mesmos permanecem maduros por tempo suficiente para garantir a reprodução. Em um sistema lóxico a época e a duração do período reprodutivo podem diferir entre espécies, por causa da ação de diferentes fatores abióticos (Winemiller, 1989; Alkins-Koo, 2000), entretanto, também é de se esperar que a disponibilidade alimentar interfira nos mesmos (Rondineli & Braga, 2010).

A entrada constante de energia ao longo do ciclo reprodutivo através da alimentação gera um suprimento essencial para a demanda energética das gônadas (Doria & Andrian, 1997; Santos *et al.*, 2010). A dinâmica dos ciclos reprodutivos e alimentares, e a alocação energética em peixes de riacho estão associadas (Resende, 2008). Uma forma de alocação energética reprodutiva se dá pela vitelogenina, a qual transporta aminoácidos, lipídios, fosfatos,  $Ca^{+2}$  e carboidratos do fígado para os ovócitos durante o desenvolvimento ovocitário (Baldisserotto, 2009). Em *R. transfasciatus* não foram observadas alterações na repleção estomacal (*i.e.* o quanto o peixe come) ligadas à atividade reprodutiva, sugerindo que a ingestão de alimento se mantém constante durante todo o ciclo de vida da espécie. Porém, proporcionalmente ao aumento do RGS de machos e fêmeas, houve um aumento no IHS, o que é o contrário do esperado inicialmente. O aumento da atividade reprodutiva possivelmente diminuiria a proporção do tamanho do fígado, já que a vitelogenina transporta energia essencial deste último para as gônadas. O observado, entretanto, foi que em ambos os sexos, as maiores gônadas pertencem àqueles indivíduos com maiores fígados. Svedäng & Wickström (1997) observaram uma relação positiva entre o RGS e o IHS de enguias, com um aumento das reservas do fígado no início do período reprodutivo e uma diminuição durante os meses de maior atividade reprodutiva; porém argumentaram que

a relação positiva, apesar de significativa, era fraca ( $R = 0,22$ ). O tamanho do fígado de *R. transfasciatus* possui relação significativa com o tamanho das gônadas, o qual pode estar diretamente relacionado na transferência de vitelogenina para o crescimento dos ovócitos em fêmeas (Baldisserotto, 2009).

Tanto a fecundidade total da espécie quanto os lotes de ovócitos das maiores classes de tamanho foram correlacionados com o comprimento padrão e com o peso das fêmeas. Tal relação se deve ao fato de o número de ovócitos produzidos na gônada depender, em última instância, do tamanho da cavidade celomática do peixe (Vazzoler, 1996). Em uma mesma espécie, os peixes maiores produzem maior número de ovócitos do que os peixes menores devido o espaço disponível para crescimento das gônadas. Tal padrão parece ser adaptativo, já que as fêmeas menores do ano aguardam até o final do período reprodutivo para, em maiores tamanhos, produzirem lotes maiores de ovócitos (Hughes, 1985). Uma vez que a sobrevivência da prole no verão é de certa forma duvidosa (por causa da alta instabilidade ambiental gerada por eventuais cabeças d'água), se as fêmeas perderem o período reprodutivo, não seriam capazes de produzir proles viáveis até o próximo ano.

*R. transfasciatus* possui um ciclo reprodutivo anual, com período de maior atividade reprodutiva nos meses correspondentes às estações inverno e primavera (de junho a novembro). Suas estratégias reprodutivas correspondem tanto à estratégias comuns a outras espécies da mesma família (Heptapteridae), quanto de outros grupos distintos. O gatilho reprodutivo para as fêmeas parece estar ligado a eventos de maior escala espacial e temporal (pluviosidade média histórica, temperatura, condições físico-químicas), enquanto que nos machos o gatilho parece estar ligado a eventos de escalas mais locais (pluviosidade acumulada em dez dias, vazão local). O período de crescimento das gônadas constitui um momento desafiador para as reservas energéticas dos indivíduos, portanto o deslocamento de tais reservas para compartimentos reprodutivos demanda que o peixe esteja preparado, com reservas energéticas estocadas ou que busque sítios de alimentação com boa disponibilidade de recursos. Os meses chuvosos parecem ser um fator limitante à sobrevivência da prole de *R. transfasciatus* (e possivelmente de outras espécies de riacho) devido à alta instabilidade ambiental gerada por cabeças d'água. Desta forma, torna-se necessária a investigação de como a espécie utiliza espacialmente o ambiente em que habita para busca de recursos e parceiros, e se uma possível diferença no uso espacial está de alguma forma relacionada à estação do ano ou ao momento do ciclo reprodutivo em que a espécie se encontra.



## Capítulo II – Padrões de deslocamento de indivíduos de *Rhamdioglanis transfasciatus* ao longo de um riacho na bacia do rio Guapiaçu, RJ.

### Introdução

Riachos serranos possuem geomorfologia bem definida, alta diversidade de substratos e variação sazonal na descarga fluvial, incluindo enchentes e cabeças d'água durante a estação chuvosa (Winemiller, 2008). Riachos de Mata Atlântica que drenam das escarpas da Serra do Mar geralmente sofrem com tais condições devido às fortes chuvas de verão, tendo portanto períodos sazonais de alguma estabilidade (*i.e.* período seco) e de alta instabilidade (*i.e.* período chuvoso) ambiental. Devido à alta instabilidade ambiental em determinada época, de forma a aumentar as chances de sobrevivência da prole e manutenção da espécie, peixes de riachos de Mata Atlântica podem possuir estratégias de história de vida diferenciadas. Algumas incluem períodos reprodutivos mais longos (*e.g.* Menezes & Caramaschi, 1994; Mazzoni *et al.*, 2002; Rondineli *et al.*, 2011), estratégias alimentares diferenciadas (Brazil-Souza *et al.*, 2009), guarda de locais abrigados do fluxo e propícios para reprodução (Brito *et al.*, 2016) ou agregação de indivíduos reprodutivos e deslocamento para busca de parceiros [*i.e.* migração reprodutiva (Mazzoni *et al.*, 2004)].

Apesar de conhecermos os casos clássicos de peixes migradores nos grandes rios [*e.g.* salmões na América do Norte (Quin & Adams, 1996), Characiformes migradores neotropicais (Duque *et al.*, 1998; Godinho *et al.*, 2009), grandes bagres migradores amazônicos (Godinho *et al.*, 2009; Barthem *et al.*, 2017), etc], por muito tempo se pensou que espécies de peixes de pequenos riachos fossem sedentárias e passassem a maior parte de sua vida em áreas ou trechos restritos de riacho (Gerking, 1953). Porém foram encontradas evidências de deslocamento ligados tanto à atividade reprodutiva de *Astyanax janeiroensis* (Mazzoni *et al.*, 2004), quanto ligado à migração ontogenética longitudinal (Menezes & Caramaschi, 2000), ambos em um mesmo riacho de Mata Atlântica. Além disso, Mazzoni & Iglesias-Rios (2012) identificaram dois grupos de peixes (grupo de movimento longo e grupo de movimento curto) no mesmo riacho. Apesar deste último trabalho ter sido realizado com uma cobertura temporal curta (apenas uma estação do ano) e dos próprios autores recomendarem que os resultados apresentados devem ser tratados com cuidado, os autores identificaram pela primeira vez padrões de movimentação em peixes de riacho de Mata Atlântica com dados empíricos de deslocamento longitudinal. Dentre as espécies, o grupo de movimento

longo foi formado por dois Characidae *Astyanax janae* e *A. hastatus*, pelo Loricariidae *Parotocinclus maculicauda* e pelo Heptapteridae *Pimelodella lateristriga*, todas possuindo maiores frequências de movimentos para montante (Mazzoni & Iglesias-Rios, 2012).

A orientação do movimento pode estar relacionada com diversas informações direcionais, como pistas olfativas, posição do sol, campos geomagnéticos e correnteza (Leggett, 1977). É improvável que a posição do sol e campos geomagnéticos influenciem a orientação do movimento de peixes de riachos, uma vez que o alto sombreamento nos mesmos e as curtas extensões de pequenas bacias seriam um forte impeditivo para este tipo de orientação. Em riachos, o ambiente lótico promove uma pista direcional natural, o que torna fácil distinguir seções a montante ou a jusante pelo direcionamento da correnteza. Peixes habitando ambientes de correnteza enfrentam forças de arrasto agindo na superfície do corpo (Webb & Weihs, 1986; Sfakiotakis *et al.*, 1999), o que pode implicar em custos ecofisiológicos e energéticos (Liao *et al.*, 2003; Sampaio *et al.*, 2012). Desta forma, movimentos para montante em contrafluxo estão ligados às melhores condições corporais pois demandam maior gasto energético, enquanto movimentos para jusante, a favor do fluxo estão ligados às piores condições corporais (Lowe *et al.*, 2006).

O gasto de energia durante o movimento de um peixe (*e.g.* migração, busca por parceiros ou locais de reprodução) pode gerar consequências para suas atividades vitais (*e.g.* crescimento, atividade reprodutiva), o que deve ser compensado pelo forrageamento. A área onde um indivíduo geralmente se movimenta e realiza atividades ao longo de sua vida é definida como sua área de vida (*sensu* Burt, 1943; Gerking, 1953). Desta forma, o deslocamento de um organismo, definido como a distância percorrida pelo mesmo ao longo de um determinado tempo, é considerado uma medida de sua área de vida (Mazzoni & Iglesias-Rios, 2012), pois a mesma varia em função dos gastos energéticos em suas atividades vitais (Nathan, 2008).

Este trabalho se baseia na hipótese de que os padrões de movimentação de *R. transfasciatus* estão ligados ao período do ano, de forma que será detectável uma maior densidade de deslocamentos nos meses de menor pluviosidade (*i.e.* período seco). Os objetivos específicos são (1) determinar a área de vida da espécie em dois períodos distintos do ano; (2) verificar as densidades de movimentos e distâncias percorridas por indivíduos da espécie em dois períodos distintos do ano; (3) verificar se há orientação

no movimento entre as diferentes épocas do ano; e (4) testar se há demandas conflitantes entre o deslocamento e o crescimento dos indivíduos.

## **Metodologia**

### *Área de estudo*

A Reserva Ecológica de Guapiaçu (REGUA) se situa no município de Cachoeiras de Macacu (RJ), completamente inserida na bacia do rio Guapiaçu. O trabalho desenvolvido atualmente na REGUA visa a conservação dos recursos hídricos, da biodiversidade, da diversidade de tipos vegetacionais endêmicos de Mata Atlântica e da manutenção de serviços ecossistêmicos na região do alto Guapiaçu. Um dos principais objetivos da REGUA atualmente é a conservação a longo prazo dos remanescentes florestais da bacia do alto rio Guapiaçu, a qual encontra-se atualmente em melhor situação de conservação quando comparada com outras bacias no entorno da Baía de Guanabara.

Foram realizadas coletas no riacho “do Mineiro-Branco” (22°25'18,26"S, 42°44'20,90"O), dentro da REGUA em área de Mata Atlântica preservada, no município de Cachoeiras de Macacu (RJ). O riacho, sem nome na carta de 1:50.000 do IBGE, faz parte da sub-bacia do rio Manoel Alexandre, afluente da margem direita do rio Guapiaçu. É um riacho de pequeno porte, com profundidade média de cerca de 20cm e largura média de aproximadamente três metros. O substrato predominante é pedregoso, com alguns trechos de areia; possui dossel fechado e entorno com mata secundária relativamente bem preservada.

### *Coleta dos exemplares, marcação e recaptura*

No riacho “do Mineiro-Branco” foram determinados 15 trechos contínuos de 25m cada, totalizando 375m de riacho explorados. Em cada trecho foram realizadas coletas de indivíduos de *Rhamdioglanis transfasciatus* com a técnica de pesca elétrica (Mazzoni *et al*, 2000); a coleta dos exemplares sempre ocorreu do trecho mais a jusante em direção ao trecho mais a montante, obedecendo a mesma direção de coleta dentro de cada um dos trechos de 25m (Figura 23). Os indivíduos foram deixados dentro de caixa telada para recuperação do choque elétrico enquanto os procedimentos de coleta prosseguiam.

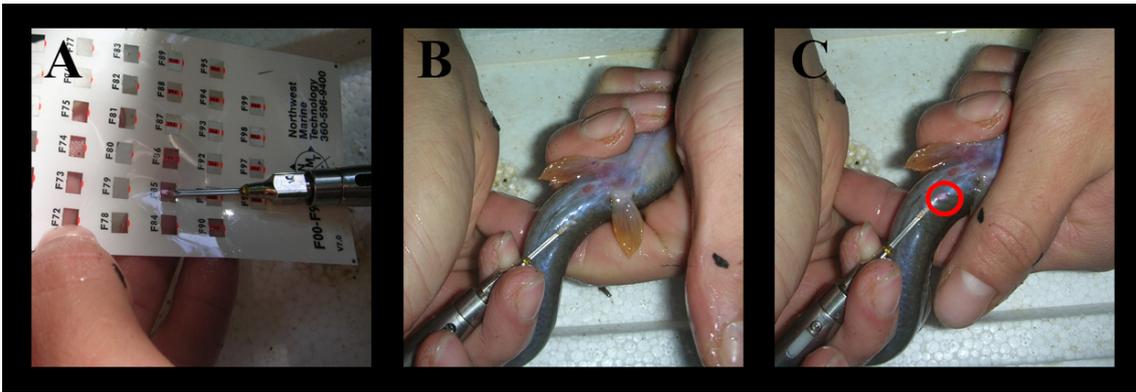
Cada indivíduo coletado nos diferentes trechos foi anestesiado com eugenol ou triclaína antes de ser manuseado. Após anestesiados, os peixes tiveram seu comprimento padrão medido e foram marcados com etiquetas coloridas biocompatíveis, implantadas subcutaneamente em região ventral próximo ao pedúnculo caudal (Figura 24). Para a marcação dos indivíduos foi utilizado o kit Alpha Tag VI (Visible Implant Elastomer Tags – Northwest Marine Technology, Inc.), cujas etiquetas biocompatíveis são individualizadas por cor e código alfa-numérico. Ao final dos procedimentos, os bagres foram colocados novamente em caixa telada com circulação de água do próprio riacho para total recuperação da anestesia. Após isso, os indivíduos eram liberados sempre no ponto central do seu trecho de origem no riacho; este procedimento foi repetido em cada trecho, em todos os eventos de marcação e recaptura.

As recapturas foram realizadas repetindo todos os procedimentos de coleta e manuseio dos indivíduos, em intervalos de 20, 40 e 60 dias após o primeiro evento de marcação. Todos os indivíduos não marcados capturados nos eventos de recaptura também receberam etiquetas únicas e passaram a compor a população estudada. Todo o procedimento de marcação e subsequentes recapturas foi repetido sazonalmente, realizado por 60 dias durante o período quente e chuvoso (verão) e por 60 dias durante o período frio e seco (inverno).



Foto: Érica Caramaschi

**Figura 23:** Coleta com técnica de pesca elétrica para captura de *Rhamdioglanis transfasciatus*. À esquerda, portadores de puçás não-eletrificados posicionados a jusante; à direita, portador de puçá eletrificado posicionado a montante. Ao fundo, caixa telada para recuperação dos peixes coletados.



**Figura 24:** Procedimento de marcação em um indivíduo de *Rhamdioglanis transfasciatus*. (A) Etiqueta sendo destacada e transferida para a seringa de marcação; (B) seringa introduzida em região ventral próximo ao pedúnculo caudal; (C) etiqueta inserida, em destaque.

Ao final de cada evento de marcação, foram mensurados fatores físico-químicos do riacho. Com auxílio de equipamentos eletrônicos (oxímetro, condutivímetro e pHmetro) foram medidos temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), saturação de oxigênio (%), condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e pH. Com auxílio de fluxômetro digital foi calculada a vazão média (L/s) do trecho amostrado, definida como o volume de água que passa por uma seção transversal do rio em determinado tempo. Dados diários de pluviosidade da estação Fazenda do Carmo (Código Pluviométrico da Estação: 02242013) foram obtidos junto ao banco nacional de dados hidrológicos (Agência Nacional de Águas, 2016).

#### *Análise de dados*

Foi determinada a área de vida para cada indivíduo recapturado como a distância máxima percorrida por ele. As áreas de vida, portanto são representadas pelas distâncias máximas percorridas pelos indivíduos de *R. transfasciatus* durante o estudo.

Diferenças significativas da média de distribuição de distâncias foram determinadas através de teste não-paramétrico de Mann-Whitney entre as estações (período chuvoso e período seco). O teste de Mann-Whitney é um caso especial do teste de Wilcoxon, análogo ao teste-T, quando comparadas as médias de duas amostras com dados não paramétricos.

Diferenças nos padrões sazonais de movimento foram determinadas através de teste  $\chi^2$  de McNemar entre as proporções de indivíduos com e sem movimento entre as estações. O teste  $\chi^2$  de McNemar compara dados dicotômicos pareados (verão com

movimento e verão sem movimento; inverno com movimento e inverno sem movimento) e testa a hipótese nula de que as proporções dos indivíduos com e sem movimento são iguais entre as estações.

Para determinar uma possível orientação no movimento dos indivíduos da espécie, foi realizada uma estimativa de densidade de Kernel dos movimentos a montante e a jusante dos indivíduos de *R. transfasciatus* durante as estações (verão e inverno). Densidade de Kernel é comumente utilizada em estudos de estimativa de área de vida em outros táxons (*e.g.* Williams *et al*, 2014; Chirima & Owen-Smith, 2015) e utiliza a densidade de movimentos dos indivíduos para determinar a probabilidade do mesmo estar presente a determinada distância de seu local de origem (Williams *et al*, 2014; Chirima & Owen-Smith, 2015). Neste trabalho, a densidade Kernel foi utilizada para representar a probabilidade de um indivíduo qualquer de *R. transfasciatus* marcado ser encontrado a determinada distância a montante ou a jusante do trecho no qual foi originalmente capturado e marcado.

Para testar se houve relação entre o investimento em deslocamento e o investimento em crescimento dos indivíduos de *R. transfasciatus*, foi realizado um teste de correlação não-paramétrica de Spearman. Foi determinado como investimento em deslocamento a distância em metros percorrida por cada indivíduo em um certo intervalo de tempo e determinado como crescimento, a razão do crescimento absoluto de cada indivíduo pelo seu tamanho corporal em um momento anterior (crescimento relativo). Valores duplo-zero (indivíduos que não cresceram e não se movimentaram) foram excluídos desta análise.

Todas as análises realizadas, bem como os gráficos gerados, foram conduzidos no programa R 3.2.3 (R Core Team, 2015).

## **Resultados**

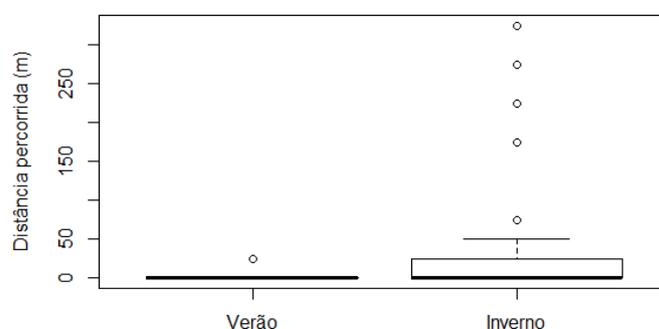
O verão e o inverno foram estações com diferenças marcantes nas condições ambientais do trecho de riacho estudado. No geral, o verão (quente e chuvoso) teve maiores valores de temperatura da água, pH, condutividade, vazão e pluviosidade, enquanto que o inverno (frio e seco) teve maiores valores de oxigênio dissolvido (Tabela 11). No verão os maiores valores de pluviosidade, podem gerar maior instabilidade ambiental ao criar cabeças-d'água nos riachos.

**Tabela 11:** Variáveis físicas e químicas, pluviosidade acumulada no mês e pluviosidade acumulada em dez dias no trecho de riacho estudado por estação do ano (verão e inverno); valores são expressos como média e amplitude.

	Temp H <sub>2</sub> O (° C)	pH	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Conduti vidade (µS/cm)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Pluviosidade acumulada mês (mm)	Pluviosidade acumulada dez dias (mm)
<b>Verão</b>	22,50	6,29	6,81	21,75	0,075	357,3	138,6
	(22,20 – 22,80)	(6,06 – 6,72)	(4,70 – 9,40)	(18,60 – 23,20)	(0,053 – 0,134)	(152,3 – 500,9)	(102,8 – 171,8)
<b>Inverno</b>	17,85	4,58	10,18	19,70	0,073	91,8	40,3
	(16,30 – 18,70)	(4,00 – 5,74)	(9,11 – 10,8)	(17,20 – 22,10)	(0,030 – 0,119)	(70,9 – 112,7)	(23,2 – 57,3)

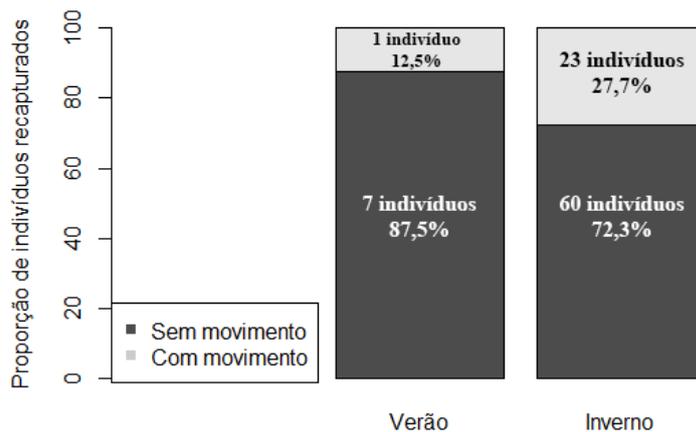
No verão foram recapturados apenas oito indivíduos de *R. transfasciatus* e o deslocamento máximo de um indivíduo foi de 25 metros para jusante de seu trecho de origem. Contrariamente, no inverno foram recapturados 83 indivíduos de *R. transfasciatus* e o deslocamento máximo de um indivíduo foi de 325 metros também para jusante de seu trecho de origem.

Apesar de observada maior amplitude de distâncias alcançadas por movimentos de indivíduos da espécie no inverno (Figura 25), não houve diferença significativa entre as médias de distâncias percorridas pelos indivíduos no verão e no inverno (Mann-Whitney,  $W = 268,5$ ;  $p = 0,3103$ ).

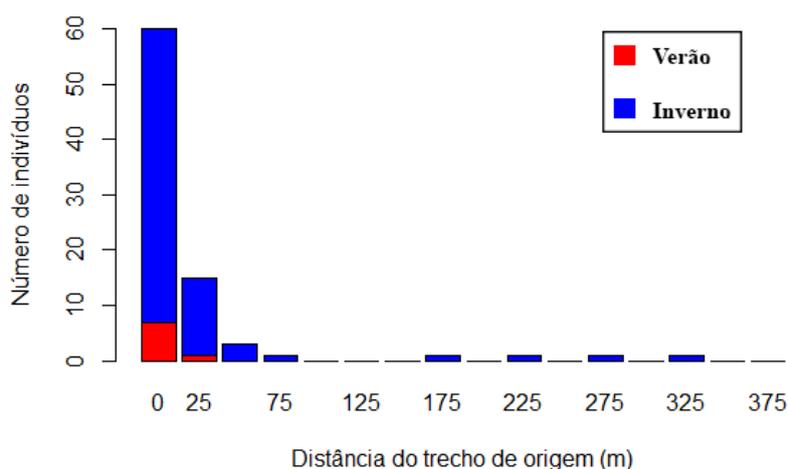


**Figura 25:** Distâncias percorridas por indivíduos de *Rhamdioglanis transfasciatus* em um riacho da bacia do rio Guapiaçu nas diferentes estações.

Foi encontrada, porém, diferença significativa entre as proporções de indivíduos com e sem movimento (McNemar  $\chi^2 = 55,148$ ;  $p < 0,05$ ). No verão, sete indivíduos (87,5%) permaneceram no trecho de origem, enquanto um indivíduo (12,5%) se deslocou 25 metros; no inverno, 60 indivíduos (72,3%) permaneceram no trecho de origem, enquanto 23 indivíduos (27,7%) se deslocaram uma distância de pelo menos 25 metros (Figuras 26 e 27).

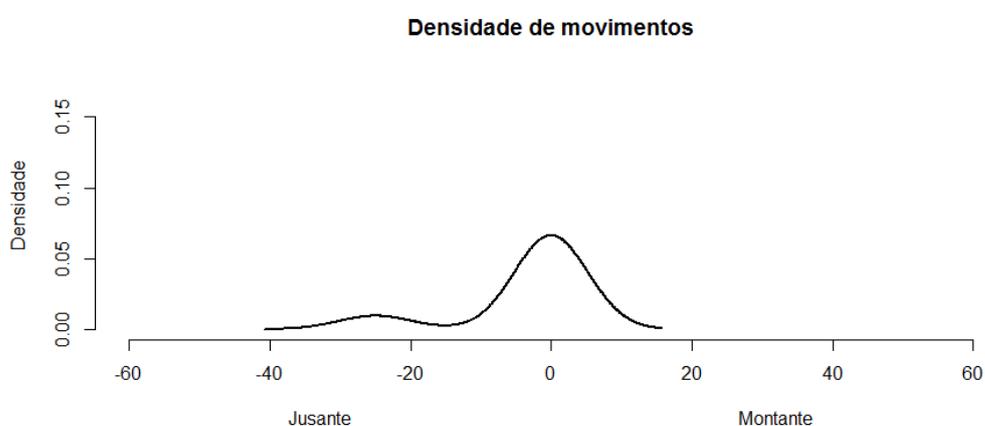


**Figura 26:** Proporções de indivíduos de *Rhamdioglanis transfasciatus* sem movimento (cinza escuro) e com movimento (cinza claro), em riacho da bacia do rio Guapiaçu nas diferentes estações.

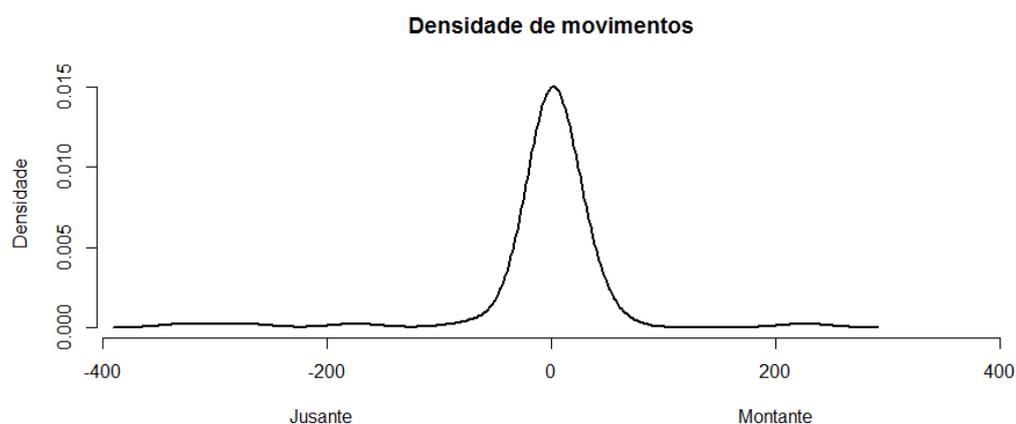


**Figura 27:** Número de indivíduos de *Rhamdioglanis transfasciatus*, recapturados em riacho da bacia do rio Guapiaçu nas diferentes estações, pela distância que se deslocaram a partir do seu trecho de origem.

Apesar de tanto no verão, quanto no inverno, a maioria dos indivíduos permanecer em seu trecho de origem, vários indivíduos se movimentaram (Figura 27). No verão, a estimativa de um indivíduo ser encontrado em seu trecho original é de cerca de 7% e a mesma diminui conforme se aumenta a distância do trecho de origem (Figura 28). O mesmo padrão pode ser observado no inverno, porém a estimativa de um indivíduo ser encontrado em seu trecho de origem nesta estação é de cerca de 1,5% e a mesma também diminui conforme se aumenta a distância do trecho de origem (Figura 29). Em ambas as estimativas de densidade (Figuras 28 e 29), pode-se observar que as maiores estimativas de Kernel para densidade de deslocamento foram direcionadas para jusante.

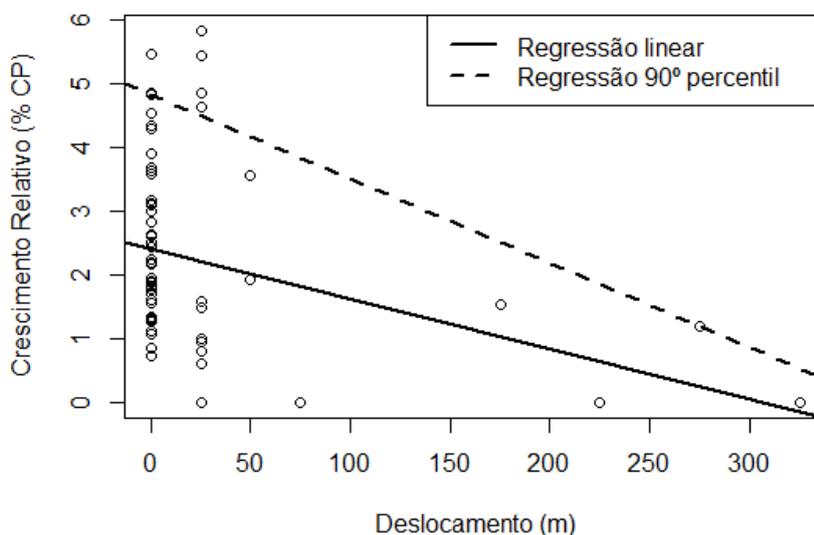


**Figura 28:** Estimativa de densidade de Kernel para movimentos de *Rhamdioglanis transfasciatus* a montante e a jusante do trecho de origem, durante o verão, em riacho da bacia do rio Guapiaçu, RJ.



**Figura 29:** Estimativa de densidade de Kernel para movimentos de *Rhamdioglanis transfasciatus* a montante e a jusante do trecho de origem, durante o inverno, em riacho da bacia do rio Guapiaçu, RJ.

Houve correlação negativa significativa entre o deslocamento e o crescimento relativo individual ( $Rho = -0,403$ ;  $p < 0,05$ ). Quanto mais longe um indivíduo se deslocou do seu trecho de origem, menos ele cresceu (Figura 30).



**Figura 30:** Correlação entre o deslocamento de um indivíduo de *Rhamdioglanis transfasciatus* em riacho da bacia do rio Guapiaçu (RJ) e seu crescimento relativo em um tempo determinado.

## Discussão

O deslocamento de um peixe em um riacho ao longo do tempo pode ser considerado uma medida de sua área de vida (Mazzoni & Iglesias-Rios, 2012). Este trabalho encontrou diferenças sazonais nas áreas de vida de indivíduos de *R. transfasciatus* e é plausível que esse padrão esteja relacionado à sua atividade reprodutiva. Mazzoni *et al.* (2004) perceberam movimentos (aparentemente migratórios) em uma espécie de peixe de riacho de Mata Atlântica, a qual aparentemente utilizou um trecho maior de riacho durante seu período reprodutivo. Espécies com movimentos migratórios possuem áreas de vida maiores durante o período de seu movimento, apesar disso, também é sugerida a inexistência de área de vida para espécies migratórias (*e.g.* Pedersen *et al.*, 2011).

A população como um todo de *R. transfasciatus* se encontra mais ativa reprodutivamente no período frio e seco (inverno) do que no período quente e chuvoso (verão). Neste estudo, apesar de uma maior proporção de movimentos de indivíduos da espécie durante o período reprodutivo, não encontramos evidências suficientes de

movimentos migratórios. Uma vez que o maior refinamento possível do movimento dos indivíduos foi de 25 metros, foram apenas identificados movimentos lineares de saída de um trecho para outro a montante ou jusante. Com um maior refinamento seria possível identificar padrões de movimento aleatórios como movimentos Brownianos ou vôos de Lévy, ambos ligados à busca de recursos e parceiros (Reynolds & Rhodes, 2009). Uma vez que uma maior quantidade (e maiores distâncias) nos deslocamentos foram observadas no inverno, é provável que os mesmos sejam realizados tanto para busca de recursos alimentares quanto para busca de parceiros. Na região Neotropical, o período mais quente e chuvoso é associado à maior disponibilidade de recursos (Lowe-McConnel, 1999). Como *R. transfasciatus* não altera a quantidade de alimento ingerido ao longo do ano, é provável que em épocas de menor disponibilidade alimentar, os indivíduos invistam mais tempo forrageando do que o fariam em épocas de maior disponibilidade alimentar. Além destes fatores, a espécie possui seu período de maior atividade reprodutiva também no período mais seco, o que coincide com a maior quantidade de movimentos observada empiricamente. Com os resultados atuais deste estudo não é possível determinar se os deslocamentos de indivíduos da espécie estão relacionados à atividade reprodutiva ou à busca por recursos alimentares para suprir suas demandas energéticas. Uma possibilidade é que ambas as proposições sejam igualmente verdadeiras (*i.e.* os indivíduos da espécie se deslocam mais a procura de alimento para suprir as crescentes demandas energéticas do período reprodutivo). De qualquer modo, pode ser um mecanismo para redução de competição intra-específica a ser investigado.

Também relacionado aos gastos e demandas energéticas é a orientação do movimento dentro de um sistema lótico. Diferentes direções de deslocamentos longitudinais implicam em diferentes gastos energéticos para peixes, pois a correnteza gera forças de resistência ao movimento (Webb & Weihs, 1986; Sfakiotakis *et al.*, 1999), que para serem vencidas demandam maiores gastos de energia e capacidade natatória pelos indivíduos que as enfrentam (Liao *et al.*, 2003; Sampaio *et al.*, 2012). O movimento para jusante foi mais frequente em ambos os períodos estudados, o que parece estar associado ao comportamento pela espécie de busca e acesso de novos locais com o menor gasto de energia possível, simplesmente aproveitando o fluxo unidirecional do riacho para alcançar maiores distâncias. Apesar disto, foi observado um indivíduo de *R. transfasciatus* com 164 mm que se deslocou 225 metros para montante, atravessando diversos trechos de correntezas moderadas e pelo menos dois trechos de correntezas fortes com velocidade maior que 2 m/s (T. Barros, observações 55

peçoais). É possível que a escolha por um movimento tão longo demande uma quantidade de energia preciosa que poderia ser alocada em compartimentos reprodutivos (investimento na produção de gametas nas gônadas) ou somáticos (investimento em crescimento ou acúmulo de biomassa).

O crescimento de um indivíduo depende das dinâmicas de acúmulo de biomassa e alocação de reservas energéticas nos tecidos somáticos. A manutenção do crescimento e de atividades biológicas depende da disponibilidade de energia no sistema (Roff, 1983). Quando enfrentam deslocamentos mais longos, independente da orientação do mesmo, indivíduos de *R. transfasciatus* possivelmente gastam mais energia do que aqueles que permanecem sedentários. Em consequência disso, pode ser observada uma diminuição no crescimento relativo dos indivíduos conforme eles se deslocaram para mais longe de seu trecho de origem.

Este estudo ajuda a definir que *Rhamdioglanis transfasciatus*, assim como outras espécies de Mata Atlântica (*e.g.* Menezes & Caramaschi, 2000; Mazzoni *et al.*, 2004; Mazzoni & Iglesias-Rios, 2012) não é sedentário. Há muito o pressuposto de Gerking (1953), de que espécies de riacho são necessariamente sedentárias, tem sido abandonado. Novos trabalhos com padrões de movimentação de peixes de riacho têm sido gerados ultimamente (*e.g.* Skalski & Gilliam, 2000; Albanese, 2001; Mazzoni & Iglesias-Rios, 2012; Pires *et al.*, 2014) e abrem novas perspectivas.

## Considerações finais

*Rhamdioglanis transfasciatus*, bagre endêmico de Mata Atlântica, é uma espécie que possui um período reprodutivo longo, iniciando-se no início do período seco e permanecendo até o início do período chuvoso. Os gatilhos para o início da atividade reprodutiva em fêmeas estão ligados com fatores de maior escala temporal e espacial, como a diminuição da pluviosidade e diminuição da temperatura da água, enquanto nos machos os gatilhos estão associados com a diminuição da pluviosidade acumulada nos dias recentes e diminuição da vazão no riacho. A fecundidade das fêmeas é relativamente baixa, porém aumentou conforme houve ganho de biomassa. Os sexos possuem padrões de crescimento e tamanho de primeira maturação gonadal diferentes, que provavelmente estão associados a demandas energéticas diferenciadas. Possivelmente as demandas energéticas necessárias para o período reprodutivo estão associadas a como e quanto a espécie utiliza o espaço onde vive.

Indivíduos de *R. transfasciatus* possuem maiores áreas de vida durante o período frio e seco (inverno), quando é menor o risco de cabeças d'água e a espécie encontra-se reprodutivamente ativa. As proporções e orientação de movimentos parecem ligadas a uma maior facilidade de deslocamento a favor do fluxo do que contra ele. O investimento em deslocamentos de maiores distâncias provavelmente gera um gasto energético que diminui a proporção de crescimento dos peixes. As relações energéticas ligadas à reprodução e ao crescimento de *R. transfasciatus* e de outras espécies de peixes de riachos sujeitos a instabilidade ambiental, ainda precisam ser melhor investigadas.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. 2016. Hidroweb, disponível na internet através do endereço “<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>”. Acessado em 26/12/2016.

ABILHOA, V. 2007. Aspectos da história natural de *Astyanax scabripinnis* Jenyns (Teleostei, Characidae) em um riacho com floresta de araucária no sul do Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 24(4): 997-1005.

ALBANESE, B. 2001. Movement of fishes in a network of streams and implications for persistence. Doctoral thesis. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg – VA. 164p.

ALKINS-KOO, M. 2000. Reproductive timing of fishes in a tropical intermittent stream. Environmental Biology of Fishes 57: 49-66.

AMARAL, M. F., J. M. R. ARANHA & M. S. MENEZES. 1999. Age and Growth of *Pimelodella pappenheimi* (Siluriformes, Pimelodidae) from an Atlantic Forest Stream in Southern Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology, <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89131999000400010>.

ANDRADE, V. X. L., F. F. S. CAMPOS, F. LANGEANI & E. ROMAGOSA. 2008. Reproductive dynamics of the main species of fish in the municipal reservoir of São José do Rio Preto. Boletins do Instituto de Pesca, 34(3): 365-373.

AZEVEDO, M. A., C. B. FIALHO & L. R. MALABARBA. 2016. Reproductive strategies in two inseminating species of Glandulocaudini, *Mimagoniates microlepis* and *Mimagoniates rheocharis* (Characiformes: Characidae: Stevardiinae). Journal of Fish Biology, doi:10.1111/jfb.12876.

BALDISSEROTTO, B. 2009. Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Editora UFSM, 2ª edição, Santa Maria. 352p.

BARBIERI, G. 1995. Biologia populacional de *Cyphocharax modesta* (Hensel, 1869) (Characiformes: Curimatidae) da Represa do Lobo (estado de São Paulo) II. Dinâmica da reprodução e influência de fatores abióticos. Boletins do Instituto de Pesca, 22(2): 57-62.

BARBIERI, G., F. A. SALLES & M. A. CESTAROLLI. 2001. Growth and first sexual maturation size of *Salminus maxillosus* Valenciennes, 1849 (Characiformes, Characidae), in Mogi Guaçu river, state of São Paulo, Brazil. Acta Scientiarum, 23(2): 453-459.

BARTHEM, R. B., M. GOULDING, R. G. LEITE, C. CAÑAS, B. FORSBERG, E. VENTICINQUE, P. PETRY, M. L. DE B. RIBEIRO, J. CHUCTAYA & A. MERCADO. 2017. Goliath catfish spawning in the far western Amazon confirmed by the distribution of mature adults, drifting larvae and migrating juveniles. Scientific Reports, DOI: 10.1038/srep41784.

- BOCKMANN, F. A. & G. M. GUAZZELLI. 2003. Family Heptapteridae. Pp 406-431. In: Reis, R. E., Kullander, S. O. & Ferraris Jr, C. J. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre. 742p.
- BOCKMANN, F. A. 1998. Análise Filogenética da Família Heptapteridae (Teleostei, Ostariophysi, Siluriformes) e redefinição de seus gêneros. Tese de Doutorado. Instituto de Biociências/USP, São Paulo. 423 p.
- BRAZIL-SOUZA, C., MARQUES, R. M. & ALBRECHT, M. P. 2009. Segregação alimentar entre duas espécies de Heptapteridae no rio Macaé, RJ. Biota Neotropica, 9(3): 031-037.
- BRITO, M. F. G. 2007. Atividade reprodutiva dos peixes do rio Macaé (RJ) em função do gradiente longitudinal. Tese de Doutorado. PPGE/UFRJ, Rio de Janeiro. 170p.
- BRITO, M. F. G., H. LAZZAROTTO & E. P. CARAMASCHI. 2016. Life-history features of a rapids-dwelling loricariid catfish from Atlantic forest streams, Brazil. Biota Neotropica, 16(2), e20150068.
- BURT, W. H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. Journal of Mammalogy, 24: 346-352.
- CARVALHO, P. A., A. L. PASCHOALINI, G. B. SANTOS, E. RIZZO & N. BAZOLI. 2009. Reproductive Biology of *Astyanax fasciatus* (Pisces: Characiformes) in a reservoir in Southeastern Brazil. Journal of Applied Ichthyology, 25: 306-313.
- CASATTI, L. 2010. Alterações no código florestal brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna. Biota Neotropica, 10(4): 31-34.
- CAVALCANTE A. N., N. B. SANTOS & Z. S. DE ALMEIDA. 2012. Biologia reprodutiva de tralhoto, *anableps anableps*, na baía de São Marcos, Maranhão, Brasil. Boletins do Instituto de Pesca, 38(4): 285-296.
- CONSELHO NACIONAL DE CONTROLE DE EXPERIMENTAÇÃO ANIMAL – CONCEA. 2013. Diretrizes da prática de eutanásia do CONCEA. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI, Brasília, 54p.
- CHIRIMA, G. J. & OWEN-SMITH, N. 2015. Comparison of Kernel density and local convex hull methods for assessing distribution ranges of large mammalian herbivores. Transactions in GIS, 10.1111/tgis.12193.
- DAHLBERG, M. D. 1979. A review of survival rates of fish eggs and larvae in relation to impact assesments. Marine Fisheries Review, 41: 1-12.
- DORIA, C. R. C. & ANDRIAN, I. F. 1997. Variation in energy content of somatic and reproductive tissues, related to the reproductive cycle and feeding of female *Pimelodus maculatus* (Siluriformes: Pimelodidae) and *Schizodon borellii* (Characiformes: Anostomidae). Revista UNIMAR, 19: 421-437.

DUBOC, L. F. 2003. Ecologia de bagres heptapterídeos no rio Morato, Guaraqueçaba – PR (Siluriformes: Heptapteridae). Tese de Doutorado. Instituto de Biociências/USP, São Paulo. 141p.

DUQUE, A. B., D. C. TAPHORN & K. O. WINEMILLER. 1998. Ecology of the Coporo, *Prochilodus mariae* (Characiformes, Prochilodontidae), and status of annual migrations in western Venezuela. *Environmental Biology of Fishes*, 53: 33-46.

ESTALLES, M., N. M. COLLIER, E. E. DI GIÁCOMO & M. R. PERIER. 2011. Distribution and reproductive biology of the Electric Ray *Discopyge tschudii* Heckel, 1846 in San Matías Gulf, Northern Patagonia, Argentina. *Neotropical Ichthyology*, 9(4): 831-838.

FONTOURA, N. F., A. S. BRAUN & P. C. C. MILANI. 2009. Estimating size at first maturity (L50) from Gonadosomatic Index (GSI) data. *Neotropical Ichthyology*, 7(2): 217-222.

FROESE, R. & PAULY, D. 2016. Disponível na internet através do endereço “<http://www.fishbase.org/>”, acessado em 27/12/2016.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. 2016. Disponível na internet através do endereço “<http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/>”, acessado em 27/12/2016.

GERKING, S. D. 1953. Evidence for the concepts of home range territoriality in stream fishes. *Ecology*, 34: 347-365.

GODINHO, A. L., I. R. LAMAS & H. P. GODINHO. 2009. Reproductive ecology of brazilian freshwater fishes. *Environmental Biology of Fishes*, doi:10.1007/s10641-009-9574-4.

GONÇALVES, C. S., U. P. SOUZA, F. C. FERREIRA, A. PERESSIN & F. M. S. BRAGA. 2013. Life-history strategies associated to reproduction of three *Hyphessobrycon* species (Characidae) in lentic environments of upper Paraná River basin. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 25(4): 398-405.

HUGHES, A. L. 1985. Seasonal changes in fecundity and size at first reproduction in an indiana population of the Mosquitofish *Gambusia affinis*. *The American Midland Naturalist*, 114(1): 30-36.

LE CREN, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20: 201-219.

LIAO, J. C., D. N. BEAL, G. V. LAUDER & M. S. TRIANTLAFYLLOU. 2003. Fish exploiting vortices decrease muscle activity. *Science*, 302: 1566-1569.

LOBÓN-CERVIÁ, J. 1991. Dinámica de poblaciones de peces en ríos: pesca eléctrica y métodos de capturas sucesivas en la estima de abundancias. Monografías – Museo Nacional de Ciencias Naturales. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 157p.

LOWE, W. H., G. E. LIKENS & B. J. COSENTINO. 2006. Self-organisation in streams: the relationship between movement behaviour and body condition in a headwater salamander. *Freshwater Biology*, 51: 2052-2062.

MAZZONI, R., CARAMASCHI, E. P. & FENERICH-VERANI, N. 2002. Reproductive biology of a Characidiinae (Osteichthyes, Characidae) from the Ubatiba river, Maricá – RJ. *Brazilian Journal of Biology*, 62(3): 487-494.

MAZZONI, R., FENERICH-VERANI, N. & CARAMASCHI, E. P. 2000. Electrofishing as a sampling technique for coastal stream fish populations and communities in the Southeast of Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 60: 205-216

MAZZONI, R. & IGLESIAS-RIOS, R. 2012. Movement patterns of stream-dwelling fishes from Mata Atlântica, Southeast Brazil. *Revista de Biologia Tropical*, 60(4): 1837-1846.

MAZZONI, R., S. A. SCHUBART & R. IGLESIAS-RIOS. 2004. Longitudinal segregation of *Astyanax janaeirensis* in Rio Ubatiba: a Neotropical stream of south-east Brazil. *Ecology of Freshwater Fish*, 13: 231-234.

MENEZES, M.S. & CARAMASCHI, E.P. 1994. Características reprodutivas de *Hypostomus* gr. *H. punctatus* no rio Ubatiba, Maricá, RJ (Osteichthyes, Siluriformes). *Revista Brasileira de Biologia*, 54(3): 503-513.

MENEZES M.S, CARAMASCHI EP. 2000 Longitudinal distribution of *Hypostomus punctatus* (Osteichthyes, Loricariidae) in a coastal stream from Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 43: 229-233.

MENEZES, N. A., WEITZMAN, S. H., OYAKAWA, O. T., LIMA, F. C. T., CASTRO, R. M. C. & WEITZMAN, M. J. 2007. Peixes de água doce da Mata Atlântica: Lista preliminar das espécies e comentários sobre conservação de peixes de água doce neotropicais. MUZUSP, São Paulo. 408p.

MÉRONA, B., J. MOL, R. VIGOUROUX & P. T. CHAVES. 2009. Phenotypic plasticity in fish life-history traits in two neotropical reservoirs: Petit-Saut Reservoir in French Guiana and Brokopondo Reservoir in Suriname. *Neotropical Ichthyology*, 7(4): 683-692.

NATHAN, R. 2008. An emerging movement ecology paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 105: 1950-1951.

NÚÑEZ, J. & DUPONCHELLE, F. 2009. Towards a universal scale to assess sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. *Fish physiology and Biochemistry*, 35: 167-180.

OKSANEN J., F. G. BLANCHET, R. KINDT, P. LEGENDRE, P. R. MINCHIN, R. B. O'HARA, G. L. SIMPSON, P. SOLYMOS, M. H. H. STEVENS & H. WAGNER. 2015. vegan: Community Ecology Package. R package version 2.3-0. Disponível online no site <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>

OYAKAWA, O. T., AKAMA, A., MAUTARI, K. C. & NOLASCO, J. C. 2006. Peixes de riachos da Mata Atlântica. Editora Neotrópica, São Paulo. 201p.

PARKER, G. A. 1992. The evolution of sexual size dimorphism in fish. *Journal of Fish Biology*, 41: 1-20.

PASCHOALINI, A. L., V. R. PERINI, D. M. RIBEIRO, P. S. FORMAGIO, E. RIZZO & N. BAZZOLI. 2013. Reproduction of *Pimelodus maculatus* (Siluriformes: Pimelodidae) in three section of Grande River basin, downstream Porto Colombia dam, south-eastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 11(3): 615-623.

PEDERSEN, M. W., T. A. PATTERSON, U. H. THYGESEN & H. MADSEN. 2011. Estimating animal behavior and residency from movement data. *Oikos*, 120: 1281-1290.

PIRES, D. F., P. BEJA & M. F. MAGALHÃES. 2014. Out of pools: movement patterns of mediterranean stream fish in relation to dry season refugia. *River Research and Applications*. DOI: 10.1002/rra.2776.

PIANKA, E. R. 1970. On r and k selection. *The American Naturalist*, 104: 592-597.

POIZAT, G., E. ROSECCHI & A. J. CRIVELLI. 1999. Empirical evidence of a trade-off between reproductive effort and expectation of future reproduction in female three-spined sticklebacks. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 266: 1543-1548.

QUIN, T. P. & D. J. ADAMS. 1996. Environmental changes affecting the migratory timing of American Shad and Sockeye Salmon. *Ecology*, 77(4): 1151-1162.

R CORE TEAM (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível online no site <https://www.R-project.org/>

REIS, R. E., KULLANDER, S. O. & FERRARIS JR, C. J. 2003. Check List of the freshwater fishes of South and Central America. EDIPUCRS, Porto Alegre. 742p.

RESENDE, C. F., E. P. CARAMASCHI & R. MAZZONI. 2008. Fluxo de energia em comunidades aquáticas, com ênfase em ecossistemas lóticos. *Oecologia Brasiliensis*, 12(4): 626-639.

REYNOLDS, A. M. & C. J. RHODES. 2009. The Lévy flight paradigm: random search patterns and mechanisms. *Ecology*, 90(4): 877-887.

ROFF. D. A. 1983. An allocation model of growth and reproduction in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 40: 1395-1404.

RONDINELI, G. & F. M. S. BRAGA. 2010. Reproduction of the fish community of Passa Cinco Stream, Corumbataí River sub-basin, São Paulo State, Southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70(1): 181-188.

RONDINELI, G., A. L. CARMASSI & F. M. S. BRAGA. 2011. Biological information of *Taunayia bifasciata* (Siluriformes: Heptapteridae): a threatened and unknown catfish. *Zoologia*, 28(4): 541-544.

SAMPAIO, F. A. C., P. S. POMPEU, H. A. SANTOS & R. L. FERREIRA. 2012. Swimming performance of epigeal and hypogeal species of Characidae, with an emphasis on the troglolithic *Stygichthys typhlops* Brittan & Böhlke, 1965. *International Journal of Speleology*, 41(1): 9-16.

SANTOS, N. B., R. M. ROCHA & F. L. FREDÓU. 2010. Reproductive Biology of *Plagioscion magdalenae* (Teleostei: Sciaenidae) (Steindachner, 1878) in the Bay of Marajo, Amazon Estuary, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 8(2): 333-340.

SANTOS, R. N., AMADIO, S. & FERREIRA, E. J. G. 2010. Patterns of energy allocation to reproduction in three Amazonian fish species. *Neotropical Ichthyology*, 8: 155-161.

SANTOS, R. N., FERREIRA, E. J. G. & AMADIO, S. 2008. Effects of seasonality and trophic group on energy acquisition in Amazonian fish. *Ecology of Freshwater Fish*, 17:340-348.

SFAKIOTAKIS, M., D. M. LANE & J. B. C. DAVIES. 1999. Review of fish swimming modes for aquatic locomotion. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 24(2): 237-252.

SHINE, R. 1989. Ecological causes for the evolution of sexual dimorphism: a review of the evidence. *The Quarterly Review of Biology*, 64(4): 419-461.

SKALSKI, G. T. & J. F. GILLIAM. 2000. Modeling diffusive spread in a heterogeneous population: a movement study with stream fish. *Ecology*, 81(6): 1685-1700.

TUNDISI, J. G. & TUNDISI, T. M. 2010. Impactos potenciais das alterações no código florestal nos recursos hídricos. *Biota Neotropica*, 10(4): 67-76.

VAZZOLER, A.E.A.M. 1996. *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática*. EDUEM, Maringá. 169p.

VIEIRA, S. 1991. *Introdução à Bioestatística*. 2ª Edição, Editora Campus, Rio de Janeiro. 360p.

VLAMING, V. L. 1972. Environmental control of teleost reproductive cycles: a brief review. *Journal of Fish Biology*, 4: 131-140.

WEBB, P. W. & D. WEIHS. 1986. Functional locomotor morphology of early life history stages of fishes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 115: 115-127.

WILIAMS, R., GRAND, J., KOOKER, S. K., BUCKLAND, S. T., REEVES, R. R., ROJAS-BRACHO, L., SANDILANDS, D. & KASCHNER, K. 2014. Prioritizing global marine mammal habitats using density maps in place of range maps. *Ecography*, 37: 212-220.

WINEMILLER, K. O. 1987. Feeding and reproductive biology of the currito, *Hoplosternum Morale*, in the Venezuelan llanos with comments on the possible function of the enlarged male pectoral spines. *Environmental Biology of Fishes*, 20(3): 219-227.

WINEMILLER, K. O. 1989. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81: 225-241.

WINEMILLER, K. O. 1992. Life-history strategies and the effectiveness of sexual selection. *Oikos*, 63(2) 318-327.

WINEMILLER, K. O., A. A. AGOSTINHO & E. P. CARAMASCHI. 2008. Fish ecology in tropical streams. *In*: D. DUDGEON (editor). *Tropical stream ecology*. Elsevier Academic Press, San Diego. 316p.